

37



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.**

**CAMPUS ARAGÓN**

**“PLANEACIÓN, PROYECTO Y DISEÑO DE UN  
AEROPUERTO”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :  
FRANCISCO ROBLES PINTO**

**ASESOR:  
ING. JOSÉ MARIO ÁVALOS HERNÁNDEZ**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MÉXICO**

**2002**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

FRANCISCO ROBLES PINTO  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 12 de marzo del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ MARIO AVALOS HERNÁNDEZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "PLANEACIÓN, PROYECTO Y DISEÑO DE UN AEROPUERTO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 20 de marzo de 2000  
LA DIRECTORA

*L. Turcott*  
ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



*GR*

- C p Secretaria Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
- C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/IIa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **AGRADECIMIENTOS.**

**AGRADEZCO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO POR ABRIRME SUS PUERTAS, Y ASÍ EL HABERME PERMITIDO REALIZAR EL MAYOR DE MIS ANHELOS.**

**GRACIAS.**

**AGRADEZCO A LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON" POR SU APRECIABLE HOSPITALIDAD Y POR LOS GRATOS MOMENTOS QUE EN ELLA VIVÍ.**

**GRACIAS.**

**AGRADEZCO A TODOS MIS PROFESORES POR LOS CONOCIMIENTOS QUE RECIBÍ DE ELLOS. DESEO EXPRESAR QUE GUARDO UN GRATO RECUERDO DE TODOS ELLOS.**

**GRACIAS.**

**AGRADEZCO A LOS HONORABLES MIEMBROS DEL JURADO POR LAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL CONTENIDO DE ESTE TRABAJO.**

**GRACIAS.**

**DESEO AGRADECER EN FORMA MUY ESPECIAL AL ING. JOSE MARIO AVALOS HERNANDEZ POR HABER ACEPTADO SER MI GUÍA EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.**

**GRACIAS INGENIERO.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# **PLANEACION, PROYECTO Y DISEÑO DE UN AEROPUERTO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# **CONTENIDO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CONTENIDO.

	PAG.
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: ANTECEDENTES.....	4
CAPITULO II: METODOS DE PLANIFICACION.....	8
Introducción.....	9
El Proceso de la Planificación Aeroportuaria.....	9
Metodología de Planificación de Aeropuertos.....	10
Relación entre la Comunidad y el aeropuerto.....	12
El Sistema de Planificación.....	13
Elementos de Planificación.....	13
Plan Maestro.....	16
CAPITULO III: PRONOSTICOS DE LA DEMANDA.....	18
Demanda para fines de la Planificación del Sistema Aeroportuario.....	19
Prospectiva de la Demanda.....	20
Parámetros para Estudio de Capacidad.....	23
Estudio de Factibilidad para Nuevos Aeropuertos.....	24
. Organización del método.....	24
. Costos e inversiones.....	26
Area de Influencia.....	27
. Utilización del Area de Influencia.....	28
. Demografía.....	30
. Turismo.....	30
. Transporte.....	30
. Economía.....	31
Area de Influencia de Aviación Comercial de un Aeropuerto.....	31
Estudio de Mercado.....	32
. Objetivos.....	32
. Metodología.....	32
Aforos.....	33
. Plan de Recopilación.....	34

**CAPITULO IV: CRITERIOS DE EVALUACION PARA EL EMPLAZAMIENTO..... 35**

Estudios.....	36
Aeronáutico.....	36
. Evaluación y selección del emplazamiento.....	37
. Etapas.....	37
. Factores.....	37
Meteorológico.....	37
. Estaciones Meteorológicas.....	39
. Análisis.....	39
. Condiciones Meteorológicas.....	40
. Rosa de Vientos.....	43
Topográfico.....	44
. Planificación.....	44
. Levantamiento Topográfico.....	44
. Poligonales.....	44
Impacto Ambiental.....	45
. Identificación de Impactos.....	45
. Evaluación de los Impactos.....	46
. Medidas de Prevención y Mitigación de los Impactos Identificados.....	46

**CAPITULO V: ELEMENTOS BASICOS PARA EL PROYECTO Y DISEÑO..... 48**

Proyecto Aeronáutico.....	49
Pista.....	50
. Coeficiente de Utilización.....	50
. Condiciones de Visibilidad.....	51
. Estudios Técnicos.....	51
. Longitud.....	51
. Distancias.....	52
. Longitud Efectiva de las Pistas.....	52
. Distancias Declaradas.....	53
. Operación.....	53
. Gotas.....	53
. Normas y Recomendaciones.....	54
Tipo de Aeropuerto.....	57



Calles de Rodaje.....	59
. Normas y Recomendaciones.....	59
. Dimensionamiento.....	62
Plataforma de Operaciones.....	64
. Diseño.....	66
Pistas Secundarias.....	68
Franjas de Seguridad.....	68
Línderos de Emplazamiento.....	68
Camino Perimetral.....	68
Camino de Acceso.....	69
Superficies Limitadoras de Obstáculos.....	69
Radios de Giro.....	69
Especificaciones de Aeronaves.....	71
Procedimientos Operacionales.....	77
Radio Ayudas para la Navegación.....	77
. Radio Ayudas Externas.....	77
. Radio Ayudas en el Arca Terminal.....	78
. Señalamiento Horizontal y Vertical no Luminoso para Pistas, Rodajes y Plataformas.....	78
. Señalamiento Horizontal.....	78
. Señalamiento Vertical.....	79
Proyecto Geométrico.....	80
. Desmante.....	80
. Despalme.....	81
. Rasantes.....	81
. Transiciones.....	82
. Perfil Longitudinal.....	82
. Curva-Masa.....	82
Proyecto de Drenaje.....	83
. Introducción.....	83
. Planteamiento del Problema.....	84
. Estudio Hidrológico.....	86
. Concepción del Sistema de Drenaje.....	87
. Alcantarillas.....	87
. Diseño Hidráulico de Alcantarillas.....	88
. Drenaje de Pista.....	88

Pavimentos.....	90
. Pavimento Asfáltico.....	90
. Pavimento de Concreto.....	91
. Tipo de Fallas.....	93
. Falla Estructural.....	93
. Geometría del Aeropuerto.....	94
. Selección.....	94
Geotecnia.....	95
Proyecto Arquitectónico.....	100
. Programa de Necesidades.....	102
. Clasificación del Edificio Terminal.....	102
. Criterios de Diseño.....	104
. Consideraciones.....	104
Instalaciones Exteriores.....	105
. Combustibles.....	105
. Sistemas de Alimentación.....	105
. Suministro de Combustible.....	106
. Calidad del Combustible.....	106
. Distribución de Almacenamiento.....	106
Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.....	107
. Aspectos Generales.....	107
. Factores.....	108
. Gastos de Diseño.....	108
. Almacenamiento.....	109
. Distribución.....	109
Instalaciones Electromecánicas.....	109
. Red de Distribución.....	110
. Transformadores.....	110
. Ayudas Visuales Luminosas.....	111
. Luces de Aproximación.....	111
. Localización e Identificación del Aeropuerto.....	112
. Sistema de Luces de Pista.....	112
. Luces de Calle de Rodaje.....	113
. Guía de Despegue.....	115
. Luces de Obstrucción y Faros de Peligro.....	115
. Sistema PAPI.....	115
CONCLUSIONES.....	117
BIBLIOGRAFIA.....	118

# INTRODUCCION

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A través del tiempo, los aeropuertos han sido objeto de grandes cambios, produciéndose en ellos una evolución muy notoria y progresiva, lo anterior ha sido consecuencia del desarrollo de la tecnología aeronáutica. En un principio, en los inicios de la aviación, las aeronaves eran de muy poco peso, de gran envergadura y su capacidad muy reducida; lo anterior a consecuencia de que los aeropuertos eran simples pistas de terracería compactada, y los servicios que se ofrecían a los pasajeros se realizaban en un área muy reducida en donde se encontraba una caseta de dimensiones muy pequeñas.

Con motivo del desarrollo tecnológico las aeronaves aumentaron su velocidad, capacidad y peso. Esto trajo como consecuencia que se empezaran a buscar soluciones adecuadas para los nuevos tiempos; y las acciones que se emprendieron fueron a favor de la construcción de pistas más largas y mayor número de calles de rodaje, planificación de los elementos del edificio terminal, desarrollo de áreas para la atención de pasajeros, equipaje, carga, correo, etc.

En la actualidad el sistema de transporte aéreo comercial de pasajeros, las aeronaves y los aeropuertos, están subordinados al servicio del usuario ó pasajero. Es por ello que se ha manifestado un desarrollo tecnológico a gran escala de la industria aeronáutica en lo que se refiere al diseño y construcción de equipos cada vez más veloces y de mayor capacidad, por lo que ha obligado que el número de operaciones en cualquier aeropuerto comercial se vea incrementado, ocasionando que la infraestructura aeroportuaria vaya teniendo un crecimiento adecuado a la par con esta actividad.

“Los especialistas técnicos de la industria aeronáutica clasifican a la infraestructura aeroportuaria, como una técnica de EVOLUCION PERMANENTE, definiendo al aeropuerto como una estructura destinada a servir como medio de enlace entre dos sistemas de transporte: el terrestre y el aéreo”.\*

Se menciona que el aeropuerto moderno en su conjunto de instalaciones y servicios está integrado por tres factores fundamentales:

El espacio aéreo, la zona de operaciones y la estación terminal.

Donde:

El espacio aéreo está conformado por el entorno que rodea al propio aeropuerto.

\*(XXV Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, 1997, Ing. Matías López Jiménez, F.I. U.N.A.M.).

La zona de operaciones se integra desde la pista ó pistas de aterrizaje y despegue, hasta las plataformas de estacionamiento para aeronaves, donde se realiza el ascenso y descenso de pasajeros, carga y descarga de mercancías, abastecimiento de combustible, pernотас; e instalaciones de tipo industrial para servicios de inspección y mantenimiento de aeronaves.

Y la estación terminal, que sin duda alguna es el área más conflictiva de cualquier aeropuerto, por contener en el interior de su edificio terminal, los servicios de venta de boletos, documentación, oficinas gubernamentales como son aduana, migración, sanidad; restaurantes, comercios, bancos, telégrafos, correo, servicios de transportación terrestre, etc.; así como en su exterior, estacionamientos para automóviles.

El presente trabajo consta de 5 capítulos, en donde a continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

En el capítulo I: Antecedentes. Se menciona el desarrollo que ha tenido la Aviación Civil Internacional en cuanto a normas y convenios internacionales.

En el capítulo II: Métodos de Planificación. Se mencionan una serie de factores y elementos que se emplean para la planeación de las actividades y procesos que son indispensables para implementar metodologías de planificación.

En el capítulo III: Pronósticos de la Demanda. Se mencionan una serie de conceptos, estudios y parámetros, que se emplean para conocer el comportamiento que tendrá el aeropuerto con respecto a la demanda y capacidad.

En el capítulo IV: Criterios de Evaluación para el Emplazamiento. Se mencionan los diferentes estudios que se llevan a cabo para seleccionar el lugar más apropiado para la ubicación del aeropuerto.

En el capítulo V: Elementos Básicos para el Proyecto y Diseño. Se mencionan todos los elementos que conforman el proyecto aeronáutico y las normas y recomendaciones para su diseño, así como los elementos propios del proyecto geométrico, de drenaje y arquitectónico; y las instalaciones hidráulicas y electromecánicas.

## **CAPITULO I**

# **ANTECEDENTES**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Al terminar la Primera Guerra Mundial, surge la Conferencia de Paz de Versalles, y en ella se estableció la Conferencia Internacional de la Navegación Aérea, donde se menciona la internacionalización de las normas para la aviación civil. Las normas de aviación civil de ésta conferencia permanecieron desde ese año y hasta 1939.

A consecuencia de la Segunda Guerra Mundial (1939 a 1945), las normas para la aviación civil quedaron congeladas; en ese lapso de tiempo, se dio un enorme avance en lo referente a la aviación militar, como fue el caso de monoplanos rápidos, el desarrollo de las ayudas a la navegación, etc.; adaptándose posteriormente y sin ningún problema a la aviación civil. Los países que construyeron aeródromos para uso militar en el conflicto bélico, los transformaron en aeropuertos civiles.

En noviembre de 1944, en la Ciudad de Chicago Illinois, E.U.A., se establece el "Convenio de Chicago sobre Aviación Civil" para la postguerra.

Se menciona en dicho convenio que el desarrollo futuro de la aviación civil internacional, pudiera contribuir a crear y preservar la amistad y el entendimiento entre las naciones y los pueblos del mundo, mientras que el abuso de la misma pudiera llegar a significar una amenaza a la seguridad en general.

Los gobiernos que suscribían, convinieron en ciertos principios y arreglos, a fin de que la aviación civil internacional, pudiese llegar a desarrollarse de manera segura y ordenada, y que los servicios internacionales del transporte aéreo se establecieran sobre una base de igualdad de oportunidades, realizándose de manera sana y económica.

Este convenio fija 96 artículos definiéndose los derechos de los estados contratantes, la disposición del establecimiento de prácticas internacionales recomendables y la recomendación de la agilización del transporte aéreo, reduciendo las formalidades aduanales y de migración.

Posteriormente y con fecha del 4 de abril de 1947, queda constituida formalmente la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI), donde una de sus principales funciones, fue la adopción de normas y recomendaciones por parte de todos los países integrantes. Posteriormente, adaptadas las normas y procedimientos se incorporaron como anexos al Convenio de Aviación Civil Internacional, con el fin de que el transporte aéreo fuese incrementando su demanda en forma muy rápida, fabricándose aeronaves de mayor

velocidad, económicas y más seguras; todo esto para que los usuarios empezaran a ver en este servicio, un importante avance en materia de transporte aéreo.

Las normas y métodos recomendados relativos a aeródromos fueron adoptados inicialmente por el Consejo el 29 de mayo de 1955 de conformidad con lo dispuesto en el artículo 37 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944), con la designación del anexo 14 al Convenio. Las normas y métodos recomendados se basaron en recomendaciones de la Tercera Conferencia del Departamento de Aeródromos, Rutas Aéreas y Ayudas Terrestres que se celebró en septiembre de 1947 y de la Cuarta Conferencia en noviembre de 1949.

Se menciona que el Departamento de Aeródromos, Rutas Aéreas y Ayudas Terrestres de la OACI viene reconociendo, ya desde su Sexta Conferencia celebrada en 1957, la necesidad de disponer de textos para la preparación de un manual de proyecto de aeródromos. La Comisión de Aeronavegación, después de examinar las recomendaciones de ese Departamento y demás información obtenida de la Tercera Conferencia de Navegación Aérea y de las reuniones regionales de navegación aérea, acordó que se publicase un manual de aeródromos. La valía del Manual de Aeródromos quedó confirmada en ulteriores reuniones mundiales, y con el transcurso del tiempo, fue objeto de progresivas revisiones y complementos. El Manual de Aeródromos se revisó posteriormente y ahora su contenido se ha dividido en tres manuales: el de proyecto de aeródromos, el de planificación de aeropuertos y el de servicios de aeropuertos.

Con lo que respecta al Manual de Proyectos de Aeródromos, satisface la necesidad de textos de orientación sobre el trazado geométrico de las pistas y otros elementos conexos de los aeródromos, como son: márgenes de pista, franjas de pista, zonas de seguridad de extremo de pista, zonas libres de obstáculos y zonas de parada.

Se menciona que el gran desarrollo que ha tenido la actividad aeroportuaria a partir de los años 60'S (reflejo de la explosión demográfica y el desarrollo económico), trajo como consecuencia una mayor complejidad en la planeación, construcción, planificación y operación aeronáutica en los aeropuertos.

Lo que trajo como consecuencia la realización e implementación de metodologías que ayudasen a proveer las necesidades con cierto grado de flexibilidad, racionalizando el gasto, de tal manera que las inversiones estuvieran encaminadas a proyectos justificados y



además necesarios, manteniendo el principio de proporcionar un beneficio social, y desde un enfoque financiero resultara atractivo. Por esta razón se realizan estudios de factibilidad para ampliar o remodelar instalaciones en operación, ó en el caso más crítico, construir nuevos emplazamientos, en lugares que por sus necesidades y características, lo ameriten.

Para ello se considera las normas y recomendaciones nacionales e internacionales para un buen desarrollo aeroportuario, previo a un establecimiento de su horizonte de planeación, a corto, mediano y largo plazo.

Se menciona que como resultado del desarrollo económico de México, en 1924 se instituyeron las primeras bases para concesiones de servicios aéreos.

Para la construcción de estos primeros aeropuertos, no fue necesario contar con una tecnología tan estructurada como la actual, debido a que las compañías aéreas ofrecían únicamente el transporte y el grupo de pasajeros era pequeño.

Durante los 40 años siguientes, la demanda del transporte aéreo se incrementó en gran proporción, se fabricaron aeronaves de mayor capacidad y los usuarios empezaron a ver el servicio de transporte aéreo como un derecho fundamental de movilidad.

Al inicio de la década de los sesenta con la inminente introducción de aeronaves a reacción en México, se vuelven inoperantes las pistas existentes. Esta situación se torna crítica hacia el año de 1964, cuando las empresas extranjeras y nacionales que operaban en nuestro país, amenazaron con suspender sus operaciones si no se contaba con una infraestructura y seguridad adecuadas.

Para afrontar esta situación, en el año de 1965 se constituye la Comisión Intersectorial de Aeropuertos, que establece el primer Plan Nacional de Aeropuertos, documento en el cual, por primera vez, se contempla en forma integral la problemática aeroportuaria del país, se establecen recomendaciones a corto plazo con fronteras en el año 1970 y para tener una amplia visión de conjunto, se fija un horizonte de planeación a largo plazo hacia el año 1985.

## **CAPITULO II**

# **METODOS DE PLANIFICACION**

## INTRODUCCION.

Para efectuar la planificación de un aeropuerto es indispensable tener en cuenta dos factores importantes que se encuentran relacionados entre sí, el primero es que el emplazamiento debe de contar con instalaciones apropiadas para la atención de la demanda del tráfico aéreo, debiéndose tener buenas comunicaciones por tierra, sistemas internos eficientes para la atención de los usuarios, su equipaje y transportación, disponer de zonas de mantenimiento, edificaciones para el control aéreo, cuerpo de rescate y extinción de incendios, su administración, y la de las compañías aéreas y concesionarios. La otra parte, es que el servicio aéreo presenta grandes repercusiones directas en los alrededores del aeropuerto, siendo de gran importancia el efecto en la población a través del impacto ambiental generado por el ruido de los aviones, y la modificación del uso del suelo al ubicarse industrias alrededor del aeropuerto.

### EL PROCESO DE LA PLANIFICACION AEROPORTUARIA.

“La planificación aeroportuaria es un proceso que relaciona una serie de actividades particulares de los aeropuertos, con el espacio en el que se van a llevar a cabo. Esta planificación utiliza los conceptos y métodos de muchas disciplinas de tipo científico y social, para obtener el máximo provecho de la zona que se encuentra bajo análisis.”\*

La planeación es un proceso continuo e incremental que proporciona lineamientos para el desarrollo. Este proceso incluye la preservación ó renovación de espacios y servicios.

El proceso de planificación aeroportuaria debe tener como resultado los planes, estudios, y toda la información necesaria que pueda utilizarse para tomar decisiones en relación con las necesidades, problemas y oportunidades de un aeropuerto.

\*XXVII Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, modulo Planificación, A.S.A., Matías López Jiménez, 1999, F.I. U.N.A.M

## METODOLOGIA DE PLANIFICACION DE AEROPUERTOS.

La planificación de un sistema aeroportuario, es un proceso tan complejo que el análisis de una de sus actividades, sin tener en cuenta la repercusión que puede tener en las demás, puede acarrear soluciones que no resulten aceptables.

Un aeropuerto llevará consigo una amplia gama de actividades que presentan diferentes y a veces conflictivas necesidades; además, estas actividades son interdependientes y por lo tanto sólo una de ellas puede limitar la capacidad del complejo total.

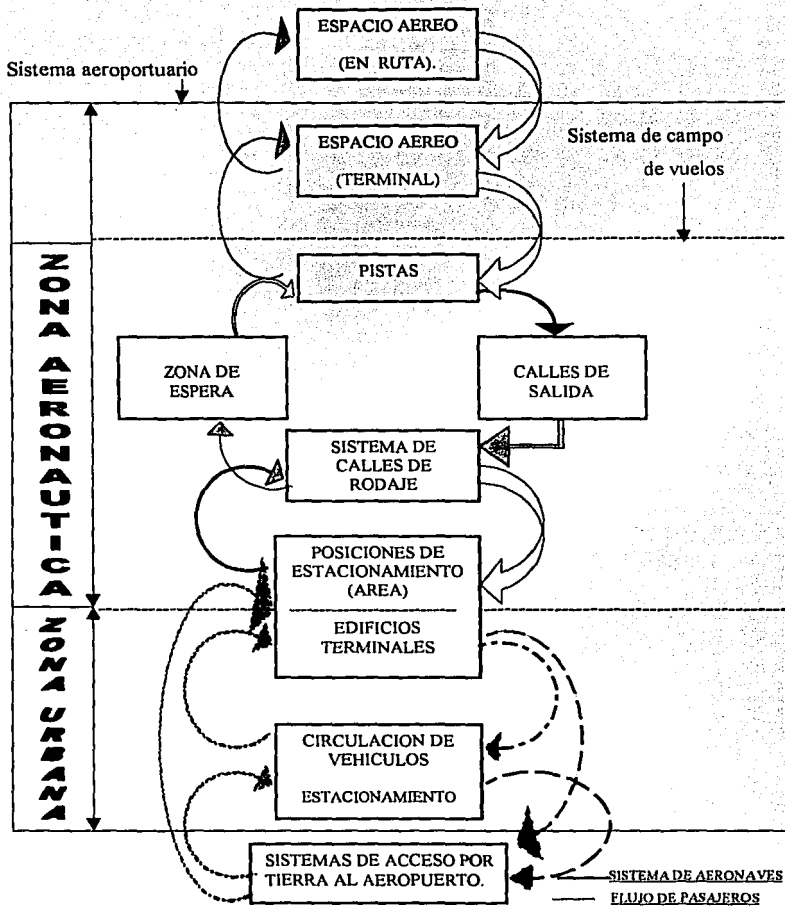
En la fig. II.1 puede observarse el sistema aeroportuario que se divide en dos componentes principales:

- Zona Aeronáutica.
- Zona Urbana.

Los edificios terminales establecen la frontera entre estos dos componentes.

Dentro del sistema, las características de los vehículos tanto aéreos como terrestres, tienen una gran influencia en la organización.

Para el pasajero y el transporte de mercancías interesa primordialmente el tiempo de transporte puerta a puerta y no solamente la duración del viaje aéreo. Por ésta razón el acceso al aeropuerto resulta también importante a la hora de planificar.



**FIG. II. 1 El sistema aeroportuario**

Diagrama obtenido de:

XXVII Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos. Modulo 1 (planeación). Año 1999. UNAM.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RELACIONES ENTRE LA COMUNIDAD Y EL AEROPUERTO.

El problema resultante de la incorporación de las actividades de un aeropuerto en la estructura de la vida urbana es complejo. En los principios del transporte aéreo, los aeropuertos estaban ubicados a cierta distancia de la ciudad, que teniendo en cuenta el poco costo del terreno y el pequeño número de obstáculos permitía un máximo de flexibilidad en las actividades de aquél. Debido a la naturaleza de las aeronaves y a la poca frecuencia de vuelos, el ruido no resultaba problema para la comunidad. Además la baja densidad de población en las inmediaciones del aeropuerto y el ligero tráfico aéreo obviaba los accidentes causantes de la alarma de la comunidad. A pesar de la existencia de las primeras reclamaciones judiciales, las relaciones entre el aeropuerto y la comunidad estuvieron relativamente libres de rivalidades resultantes de los problemas del ruido o del peligro.

Las actividades del aeropuerto se han visto estorbadas paulatinamente debido a las dificultades planteadas por el desarrollo industrial en relación con el aeropuerto y a la atracción que la industria por el bajo costo de los terrenos adyacentes, así como los accesos que para el transporte le proporcionaba no solo al propio aeropuerto, sino también a la red de carreteras al mismo asociadas.

Aunque el denso desarrollo residencial tuvo su origen en este estímulo económico, no hay que olvidar los efectos de la sorprendente expansión suburbana que tuvo lugar durante la época de la postguerra como resultado del aumento de demanda de viviendas y de un período de prosperidad económica.

El enorme desarrollo experimentado por el transporte aéreo en sí mismo ha provocado nuevos problemas. El fenomenal crecimiento del tráfico aéreo ha incrementado la probabilidad de una reacción desfavorable de la comunidad, pero la evolución experimentada por las aeronaves ha causado un profundo efecto en cuanto a relaciones aeropuerto – comunidad se refiere. El mayor tamaño y velocidad de aquellos ha dado como resultado el incremento de las necesidades en las aproximaciones y en las pistas, mientras que el aumento de potencia de los motores ha originado un casi inevitable incremento de ruido.

De cara a estos problemas, el aeropuerto debe hacer frente a los que se derivan de asegurar el suficiente espacio aéreo para el acceso por aire, el suficiente terreno para las actividades en tierra y al mismo tiempo, el adecuado acceso al área metropolitana.

### **EL SISTEMA DE PLANIFICACION.**

Para llevar a cabo la planificación de los aeropuertos, existe cierto grado de dificultad, debido a las diversas instalaciones y servicios que son necesarios para el movimiento de los aviones, pasajeros y mercancías, así como los vehículos terrestres y las necesidades de integrar su planificación.

Se menciona que entre las instalaciones se incluyen las pistas y calles de rodaje, plataformas para aeronaves, edificios en el que los exploradores de aeronaves entregan y reciben pasajeros y donde las autoridades gubernamentales realizan sus actividades.

En el funcionamiento de un aeropuerto intervienen esencialmente las instalaciones de muchas funciones y por lo tanto no deberá planearse como elementos por separado. Las plataformas para las aeronaves tienen que estar integradas funcionalmente con los edificios con los que están relacionados. De igual manera, los estacionamientos para vehículos necesitan estar relacionados con las actividades de las personas que utilizan y con los edificios que éstos ocupan.

Se menciona también que el grado esencial de precisión y equilibrio del Plan General varía con la magnitud de las actividades para las que se proyecta el aeropuerto, y constituya la solución más lógica posible, de forma que la planificación de cada una de las instalaciones contribuya y se integre al Plan General más eficientemente posible y proporcione el mayor grado de flexibilidad y posibilidad de ampliación para su esparcimiento en el futuro.

### **ELEMENTOS DE PLANIFICACION.**

Una instalación aeroportuaria puede estar constituida desde los elementos básicos, hasta los más complejos. Estos elementos están agrupados según su clasificación establecida, distribuidos en siete zonas. Estas zonas son las siguientes:

### **1. Zona de Operaciones.**

Esta zona está destinada exclusivamente para la operación de aterrizaje y despegue de las aeronaves.

Los elementos que la integran son los siguientes:

Pista.- Unica pista paralela y convergentes.

Calles de rodaje.- Perpendiculares, paralelas y salidas de alta velocidad.

Ayudas visuales.- Sistema visual indicador de pendiente de aproximación (VASIS), luz indicadora de alineamiento de pistas (RAIL), luces indicadoras de extremo de pista (REIL), faro giratorio, cono de vientos, luces de aproximación, luces de borde de pista, calles de rodaje y plataformas.

Radioayudas.- Control de tránsito aéreo (torre de control).

### **2. Zona Terminal para Pasajeros de Aviación Comercial.**

Esta zona se destina para la atención, servicio y procesos del pasajero de vuelo con itinerario fijo. En ocasiones también la utilizan los vuelos fletados ó chárter. Esta zona consta de los siguientes elementos:

Plataforma de estacionamiento.

Edificio terminal.

Estacionamiento para automóviles.

### **3. Zona Terminal para Pasajeros de Aviación General.**

En ésta zona se da atención, servicio y procesos al usuario particular y a compañías que efectúan vuelos de corto alcance.

Sus elementos son los siguientes:

Plataforma de estacionamiento.

Zona de hangares.

Estacionamiento para automóviles.

### **4. Zonas de Servicios de Apoyo a las Operaciones.**

Esta zona está integrada por los siguientes elementos:

Torre de control.



Edificio anexo de oficinas.  
Edificio anexo de máquinas.  
Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI).  
Mantenimiento y control del aeropuerto.  
Oficinas de apoyo a la operación.  
Servicios a plataforma de estacionamiento.  
Bodegas de las compañías aéreas.  
Antenas de radio comunicación.  
Mantenimiento del equipo de apoyo.  
Almacenamiento de combustibles.

#### **5. Zona de Manejo de Carga.**

En este lugar se procesa y se da servicios a la carga que es enviada ó recibida por vía tanto nacional, como internacional.

Esta zona la integran los siguientes elementos:

Plataforma de estacionamiento.  
Bodega (Aduana).  
Patio de maniobras.  
Estacionamiento para automóviles.

#### **6. Zona de Mantenimiento para Aeronaves.**

Este es el lugar donde las compañías aéreas dan mantenimiento a las aeronaves que operan. Sus elementos son los siguientes:

Plataforma para mantenimiento de aeronaves.  
Hangares de las compañías aéreas.  
Talleres de mantenimiento para las compañías aéreas.  
Edificios para oficinas de mantenimiento.  
Estacionamiento para automóviles.

### **7. Zona Presidencial.**

Esta zona se construye únicamente en aquel aeropuerto en cuyo entorno se encuentran los poderes de la nación.

Esta zona cuenta con los siguientes elementos:

Plataforma de estacionamiento.

Hangares oficiales.

Edificio de oficinas gubernamentales.

Salón oficial.

Estacionamiento para automóviles.

### **PLAN MAESTRO.**

"El Plan Maestro es un documento cuyo contenido no solamente representa la forma física del desarrollo último del aeropuerto, sino que describe las diferentes etapas de un horizonte de planeación, de cada uno de los elementos que intervinieron en el estudio, al corto, mediano y largo plazo, así como de sus implicaciones financieras y de costo". \*

Se menciona que el Plan Maestro es un proyecto que debe estar bien desarrollado, y para esto es necesario establecer determinados parámetros e indicadores para su ejecución, así como conocer las magnitudes ó capacidades actuales de los diferentes elementos y sus futuras demandas, respectivas.

Para el desarrollo del Plan Maestro, este debe de estar constituido de varios documentos, generalmente, en donde en uno de ellos se encuentre dibujado el plano general del aeropuerto, figurando todos los elementos; en otro el plano detallado del área terminal; y en los siguientes, planos específicos de cada uno de sus elementos, como es el caso del edificio terminal que consta de varios planos especiales, la zona de combustibles, los edificios anexos, estacionamientos para automóviles, etc.

\*(XXV Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., U.N.A.M., 1997).

A continuación se describen los objetivos del Plan Maestro:

- 1.- Proveer una representación gráfica efectiva del desarrollo del aeropuerto y la asignación de uso previo de los terrenos adyacentes.
- 2.- Establecer un plan de prioridades y etapas para diversas partes propuestas en el Plan.
- 3.- Ofrecer la oportuna información de antecedentes y datos necesarios para el desarrollo del Plan.
- 4.- Describir los diversos conceptos y alternativas que han sido consideradas para el establecimiento del Plan propuesto.
- 5.- Proporcionar una memoria concisa y descriptiva para que el impacto y la lógica de las recomendaciones puedan ser claramente comprendidas por la comunidad y personas relacionadas con el aeropuerto y por aquellas autoridades e instituciones públicas encargadas de la aprobación y financiamiento de lo propuesto en el Plan Maestro.

## **CAPITULO III**

# **PRONOSTICOS DE LA DEMANDA**

## **DEMANDA PARA FINES DE LA PLANIFICACION DEL SISTEMA AEROPORTUARIO.**

La demanda sirve para la preparación a largo plazo que abarquen los factores aeronáuticos, operacionales económicos y de otra clase, en los cuales pueda basarse la planificación para el futuro.

Se menciona que el estudio de la demanda es un punto vital para el proceso de planificación y control de los aeropuertos; la demanda es importante para definir las instalaciones que se requerirán, la importancia de esas instalaciones y el momento en que se necesitarán.

La finalidad de la demanda, no es predecir el futuro con precisión sino facilitar la información que puede ser utilizada para evaluar los efectos de incertidumbre con respecto al futuro; por lo tanto deberá tenerse en consideración, tanto en la planificación física del aeropuerto, como para fines de evaluación financiera.

La demanda en hora crítica es la que condiciona la mayor parte de las instalaciones de un aeropuerto por ejemplo: El tránsito de aeronaves define los requisitos relativos a pistas, calles de rodaje, control de tránsito aéreo y plataformas; el tránsito de pasajeros es el que define los requisitos relativos al edificio terminal, sistema de acceso y estacionamiento (cuando sean incorporados análisis adicionales relativos al número de visitantes que acompañan a los pasajeros del aeropuerto).

Los vuelos de las aeronaves exclusivamente de mercancías deben analizarse por separado, ya que en aeronaves de carga pueden utilizarse fuera del periodo de hora crítica.

También es necesario prestar atención a las actividades de aviación general puesto que estas son muy difíciles de estimar, ya que no reflejan necesariamente las características socioeconómicas de la región ni se presentan tendencias regulares. Sin embargo, tanto las actividades de aviación general como la de los vuelos no regulares pueden ser no distribuidas fuera de los periodos de hora crítica.

Los métodos para el cálculo de la demanda dependerán de los datos disponibles, del tiempo y recursos de que se dispone para efectuar el análisis y la finalidad para el cual se prepara este.

La preparación de la demanda para un nuevo aeropuerto constituye un problema totalmente diferente, especialmente si el transporte pasa por circunstancias inestables y si la región se encuentra en fase de rápido desarrollo económico; en tales casos los métodos de abordar y resolver el problema tendrá que ser completamente diferente.

Se menciona que en este caso la demanda puede buscarse en gran medida, en los antecedentes reunidos acerca del aeropuerto, la red de transporte aéreo y de la región en cuestión: en base a la proyección de las tendencias del tráfico registradas en el pasado, pueden obtenerse pronósticos preliminares bastante confiables y se pueden elaborar análisis más correctos en base a los factores que han afectado el desarrollo en el pasado. No siempre se cuenta con la información necesaria para elaborar una previsión confiable, en algunos casos se cuenta con esta pero no es representativa.

### **PROSPECTIVA DE LA DEMANDA.**

Dentro del marco de la planificación de los aeropuertos, se manifiesta que la demanda está íntimamente relacionada con la capacidad, y que en algunos casos la capacidad dependerá del nivel de servicio ó calidad del servicio; es decir, el grado de confort que se pretenda dar al usuario.

Se menciona que cualquier análisis de capacidad de aeropuertos siempre deberá tener en cuenta los siguientes elementos:

- a) El volumen de la demanda esperada y el período durante el cual se pretende satisfacerla.
- b) El nivel de calidad de servicio que se pretenda ofrecer al usuario.
- c) El equilibrio entre las capacidades propias de cada uno de los sistemas y subsistemas del aeropuerto.

Con lo que respecta al primer punto es importante que se cuente con una metodología adecuada que nos permita conocer lo mas acertadamente posible los intervalos de variación de la demanda esperada. Pero casi siempre se presentan dificultades ya que la predicción de la demanda se basa mucho en la suposición, ya que mientras más lejana sea la distancia (tiempo), será mayor el grado de incertidumbre.

Por otra parte, el nivel de demanda potencial tiene implicaciones diferentes para cada uno de los sistemas del aeropuerto; es por eso que el análisis debe realizarse tomando en cuenta los factores que por separado influyen en cada elemento del aeropuerto.

Basándose en estas consideraciones se puede proponer que el análisis de la demanda debe expresarse en términos que sean relevantes al diseño y dimensionamiento de las instalaciones.

Sobre el segundo punto, relacionado con el nivel de calidad del servicio, se plantea que los elementos en el sistema aeroportuario deben operar de acuerdo con diversas normas de calidad.

Respecto al tercer punto, relacionado con el equilibrio entre los diversos sistemas y subsistemas del aeropuerto, constituye un punto muy importante en materia de capacidad, puesto que algunas instalaciones tienen una capacidad dada, en tanto que para otras su capacidad dependerá de su adecuado dimensionamiento.

Se menciona que una pista tendrá básicamente las mismas características para el mismo tipo de aeronave, así se presente una operación a la semana ó 20 operaciones por hora; en cambio el sistema de rodajes, las plataformas, los edificios terminales, los estacionamientos y las zonas de almacenamiento de combustible, pueden dimensionarse de acuerdo con la demanda esperada en cada uno de ellos.

De lo anterior se desprende que el análisis de justificación de los aeropuertos establece como una de sus premisas, el equilibrio entre la inversión y el grado de utilización de las instalaciones aeroportuarias.

Por otro lado también se menciona que los análisis que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes realiza, pretenden establecer el tipo y volumen de actividad aeronáutica en determinada región, para determinar el equipo de vuelo que se utilizará y la demanda potencial. Para tal efecto se realizan estudios de factibilidad en los que se determinan los beneficios que en forma indirecta se producen en la comunidad por la existencia del aeropuerto, en términos de mayor producción, turismo, empleo, etc., también se determina el número de viajes generado y el equipo necesario para satisfacerlos, lo que se compara con la disponibilidad y previsiones que en materia de equipo de vuelo tengan las empresas, con objeto de verificar si ese aeropuerto podrá ser explotado comercialmente.

Así, se ha determinado que en México deben existir dos tipos básicos de aeropuertos:

- a) Aeropistas para operadores regionales, que utilizan aeronaves monomotoras ó bimotoras, de hélice, con una capacidad muy reducida de asientos y requieren de instalaciones muy sencillas.
- b) Aeropuertos para servicio comercial regular que deben atender, por razones de economía, a la demanda de aviación general en la zona.

Para estos últimos aeropuertos se realizan estimaciones de volúmenes de actividad en los plazos corto, mediano y largo. Las estimaciones a largo plazo son utilizadas para determinar fundamentalmente las provisiones que deben hacerse por cuanto a disponibilidad de terrenos.

Las estimaciones a corto y mediano plazo se utilizan para el dimensionamiento y diseño de las instalaciones.

A continuación se mencionan las causas más frecuentes que afectan un proceso de planificación:

1°. Existen casos en que no hay estadísticas. Esto ocurre por ejemplo cuando se trata de construir un aeropuerto nuevo, donde no existía uno previamente.

En estos casos es necesario establecer el desarrollo que tendrá el aeropuerto, mediante algún análisis de otros factores que dependerán de las razones por las cuales se pretende la construcción. Habrá que estudiar tal vez el desarrollo de la zona en cuanto a su potencial industrial, agrícola, ganadero, etc. Y fijar demandas y sus tendencias que a su vez permitirán posteriormente derivar los parámetros de proyecto y continuar con el proceso.

Puede ser que se trate de algún desarrollo turístico; en estos casos se deben realizar estudios de las posibles corrientes turísticas que pueden captarse, definiendo el número de visitantes y con base en éste factor, la demanda del aeropuerto, su posible proyección y de ahí los parámetros de proyecto.

2°. Dentro de los problemas que afectan las estadísticas, inmediatamente se involucran las proyecciones de las mismas.

En todos los casos en que no hay estadísticas ó que no son válidas las que existen, las proyecciones tienen un mayor riesgo de quedar fuera de la realidad. Aún en los casos en que existe una historia amplia, las proyecciones no dejan de ser en cierta forma mas que un



simple tanteo más ó menos técnico que siempre va a quedar fuera de la realidad, pero que será más aproximado a ésta en la medida que los antecedentes sean más completos. De cualquier manera, es evidente que son los únicos datos que se pueden obtener y hay que basarse en ellos.

Considerando lo anterior, es preferible señalar las etapas de desarrollo en función de volúmenes de tráfico, en lugar de fijar fechas para su ejecución. Esto quiere decir que es preferible indicar que la segunda etapa de desarrollo de un aeropuerto será necesaria cuando se llegue por ejemplo a un volumen de cuatro millones de pasajeros por año, y la tercera cuando se llegue a seis millones. En ésta forma, si los volúmenes mencionados se alcanzan en fechas diferentes a las previstas en ese momento habrá que hacer las ampliaciones necesarias al aeropuerto.

3º. En cuanto a los parámetros de proyecto, se menciona que van ligados a las proyecciones, y que pueden estar sujetos a errores propios, debidos principalmente a los cambios de las tendencias en las horas críticas.

4º. En lo que se refiere a los programas de inversiones, se menciona que en muchas ocasiones se anula el desarrollo de los aeropuertos por problemas de disponibilidad de dinero y que al retrasarse la ejecución de las etapas, se vuelve necesario efectuar nuevos estudios de la demanda.

### **PARAMETROS PARA ESTUDIO DE CAPACIDAD.**

Se menciona que en cuanto a los parámetros de proyectos independientemente de que van ligados a las provisiones, pueden estar sujetos a errores propios, debido principalmente a los cambios de las tendencias en las horas críticas. Si una plataforma está calculada para permitir el estacionamiento de siete posiciones simultáneas de aviones Boeing 727, valores que representan con frecuencia de tres a cuatro veces por semana en una hora fija, es posible que por conveniencia de las compañías operadoras cambien los itinerarios automáticamente y cambien los valores establecidos para el proyecto. Lo mismo sucederá con las salas de espera, la salida, ó las salas de entrega de equipaje y la mayor parte de los elementos del edificio del aeropuerto, ya que éste cambio de itinerarios, al

afectar el número de aviones simultáneamente estacionados, afecta también al número de pasajeros que se procesa dentro del propio edificio.

Esta situación es más acentuada en aeropuertos pequeños, donde el número de posiciones simultáneas es mayor de cuatro ó cinco durante la hora crítica ya que el porcentaje que representa un avión sobre el total es grande a diferencia de los aeropuertos de fuerte movimiento, donde el número de operadores es mayor, los cambios son en números y generalmente se compensan unos con otros.

Más aun , en algunos casos de grandes volúmenes de tráfico y por razones de falta de capacidad de los aeropuertos, se distribuyen los picos horarios y desaparece el problema.

Se menciona que la clasificación del número de horas en funcionamiento del aeropuerto en función del tránsito horario decreciente, permite definir una hora crítica, cuyo tránsito inferior al pico, sirve de base al dimensionamiento del aeropuerto.

Se recurre de un modo general a la apreciación global de tránsito anual mediante métodos expuestos posteriormente. En el marco de estudio de factibilidad de un aeropuerto no se puede estudiar en forma detallada la configuración precisa en hora crítica ya que depende directamente de los horarios de cada ruta aérea, cuyo análisis implicaría analizar las redes explotadas por las compañías en el territorio.

## **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA NUEVOS AEROPUERTOS.**

### **Organización del método.**

El procedimiento que se sigue para la realización de un estudio de factibilidad de un aeropuerto consta de tres fases:

**Fase I: Demanda de Transporte Aéreo.** En ésta fase deben definirse todos los parámetros de la demanda (pasajeros, operaciones, carga) en todas sus formas (anual, hora crítica).

**Fase II: Oferta de Infraestructura.** Tomando en cuenta los elementos anteriores, en ésta fase se puede describir la evolución de la infraestructura en el tiempo y por consiguiente, un calendario de inversiones.

Fase III. Factibilidad. Para la realización de ésta fase se debe realizar el estudio del impacto regional, nacional y analizar todos los puntos de vista (transportistas, usuarios, gerencia de aeropuertos, etc.), tratando de juzgar los puntos de vista en función de criterios simples que permitan una comparación fácil de un estudio con otro.

A continuación se describen con mayor detalle cada una de las fases anteriores:

a) Fase I. Demanda de Transporte Aéreo.

Definir la demanda de transporte aéreo supone que se haya precisado previamente la clientela, ó sea lo que se llama el área de influencia del aeropuerto. Esta área cubre el conjunto de las localidades cercanas al aeropuerto, cuyos habitantes tomarían el avión en el mismo.

A ésta población se aplicará luego cierto número de modelos de previsión de tránsito, de los cuales el más importante, el de la previsión del número anual de pasajeros nacionales comerciales, se basa en las relaciones telefónicas entre las localidades del área de influencia y el resto del país llamado modelo de llamadas telefónicas.

Por consiguiente, las previsiones de tránsito serán esencialmente:

- Pasajeros anuales comerciales nacionales.
- Pasajeros anuales comerciales internacionales.
- Operaciones anuales comerciales nacionales.
- Operaciones anuales comerciales internacionales.
- Operaciones anuales de aviación en general.
- Carga anual nacional e internacional.

b) Fase II: Oferta de Infraestructura Aeroportuaria.

Después de haberse definido la demanda, año por año, se tratará de calcular la infraestructura aeroportuaria necesaria para satisfacer aquella a medida que va progresando.

Dicho cálculo no puede ser realizado sin que se haya definido previamente las condiciones locales (meteorología, topografía, geología, etc.).

c) Fase III: Análisis de Factibilidad.

Oferta Realista.

Criterio Cuantitativo.- Esta parte del Plan Maestro, consiste en hacer un balance del estado actual, ó del propuesto en el cual se van a realizar todas las obras e instalaciones que son

necesarias para satisfacer el programa elegido. Esta operación es más ó menos delicada ya que consiste en determinar el nivel de saturación de las obras ó de las instalaciones ya existentes; sin embargo, es necesario conocer aproximadamente estos niveles de saturación para poder establecer los programas de inversiones de cada aeropuerto de una manera realista.

**Criterio Cualitativo.**- La evaluación monetaria de los criterios cualitativos es mucho más difícil. Por ejemplo, en caso de saturación de las rutas de acceso al aeropuerto se debe estimar el aumento del costo que deberá pagar el usuario debido al crecimiento del largo recorrido. Estos costos no son de la misma naturaleza; por lo tanto, no pueden ser adjuntados a los costos de las inversiones. Por tal razón será conveniente entonces decidir el orden de importancia de las diferentes inversiones para solucionar la saturación de tal ó cual instalación ó de alguna u otra obra aeroportuaria.

Con respecto al programa de inversiones, cabe mencionar que en muchas ocasiones se anula el desarrollo de los aeropuertos por problemas de disponibilidad de fondos y que al retrasar la ejecución de las etapas, obligan a efectuar nuevos estudios de planeación que toma en cuenta estos retrasos.

#### Costos e inversiones

Se menciona que con el fin de establecer el monto de las inversiones para la construcción de un aeropuerto, es necesario por una parte, tener presente lo tratado en el inciso (c) "Oferta Realista" en el que se establecieron las diferentes obras a realizar en el horizonte de la planificación de acuerdo a las previsiones de la demanda, y por otro lado, los costos unitarios para los diferentes elementos de la infraestructura aeroportuaria.

Los costos que son susceptibles de variación importante son los de la adquisición de terrenos; los costos varían de un sitio a otro y sólo pueden ser determinados por la Comisión de Avalúos.

Se menciona también que para determinar el monto de las inversiones se multiplicará cada una de las áreas ó unidades por su respectivo costo unitario de tal forma que al sumarla se obtenga el mosto total de la inversión para la etapa considerada.

Es necesario insistir en el hecho de que los estudios de calendarios de inversiones descansan sobre las previsiones del tráfico aéreo y que esas previsiones siguen

constituyendo para los aeropuertos una tarea difícil. En efecto, el grado de confianza que se le puede tener a los diferentes procedimientos operacionales puede difícilmente ser evaluado.

La estimación de la totalidad de los ingresos y egresos inducidos por la creación de la infraestructura proporcionan los indicadores que representan en forma sintética el punto de vista de cada uno de los participantes.

Estos indicadores serán, por ejemplo:

- Beneficios totales actualizados acumulados en el período de estudio.
- Número de personas afectadas por las perturbaciones.
- Empleos creados.
- Participación en el PIB y en su crecimiento.
- Costo de los empleos creados.
- Etc.

La comparación de cada indicador en un mismo estudio nos permitirá obtener la hipótesis más interesante; así mismo, la comparación de cada indicador de un estudio con otros, nos permitirá elaborar verdaderos programas de trabajo.

### **AREA DE INFLUENCIA.**

El área de influencia del aeropuerto se determina tomando en cuenta las localidades situadas cuando menos a 60 minutos por vía terrestre. Esta influencia se divide en dos zonas:

#### **ZONA I.**

Localiza las poblaciones que generan el 95% de los usuarios, agrupados a las localidades situadas a menos de 40 minutos de recorrido por carretera.

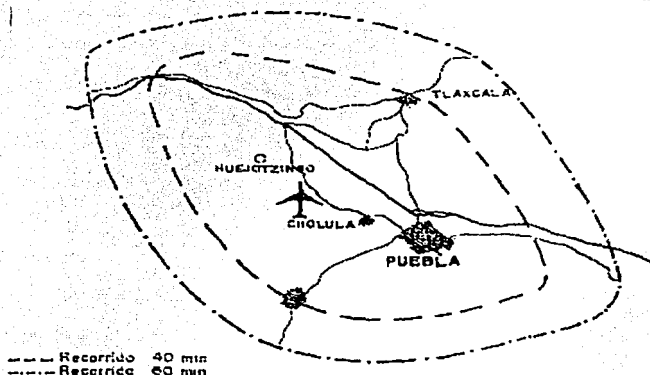
#### **ZONA II.**

Se encuentran las localidades que generan el 5% restante de la zona, comprendiendo las poblaciones ubicadas entre los 40 y 60 minutos de recorrido por carretera.

A continuación se muestra el esquema representativo.



## TESIS CON FALLA DE ORIGEN



### AREA DE INFLUENCIA

Diagrama obtenido de:

Ingeniería de aeropuertos, módulo planificación, S.C.T. y U.N.A.M., 1991.

### Utilización del Area de Influencia.

En realidad es necesario matizar la utilización según la componente de tránsito aéreo que se examina, por ejemplo:

a) Respecto al tránsito comercial nacional. La definición del área de influencia, corresponde en realidad a los análisis efectuados para la aviación comercial nacional. Por tanto, se aplica integralmente a ésta componente del tránsito aéreo del aeropuerto. Se tendrán en cuenta especialmente las zonas I (de 40 minutos) y II (entre 40 y 60 minutos).

b) Respecto al tránsito comercial internacional. Esta componente del tránsito está mucho menos vinculada a la noción de usuarios localizados que a la existencia de actividades específicas. Sin embargo, la demanda de tránsito internacional se traduce en el

sitio por una oferta de capacidad hotelera de categoría superior, y que existe una correlación significativa con dicha capacidad dentro del área de influencia, limitada ésta vez a la zona I (40 minutos).

c) Respecto al tránsito de aviación en general. Encuestas realizadas en aeropuertos mexicanos revelan que, también en éste caso, la generación de tránsito coincide con la misma zona I (40 minutos) del área de influencia.

d) Respecto a la carga aérea. Se verá también que el volumen de tránsito permanecerá sin duda mucho tiempo todavía vinculado directamente al volumen de tránsito comercial de pasajeros, de tal modo que la noción aérea de influencia en lo que se refiere a la carga, carece de interés directo en cuanto a su pronóstico.

En síntesis, se comprueba que, en lo que concierne a los requerimientos del estudio, es necesario y basta definir, para cada uno de los escenarios estudiados, una sola área de influencia, dividida en:

- Zona I (menos de 40 minutos).
- Zona II (comprendida entre 40 y 60 minutos).

El tránsito comercial nacional concierne a las Zonas I y II.

El tránsito comercial internacional y la aviación general concierne únicamente a la Zona I.

e) Análisis de las áreas de influencia. En lo que se refiere a cada escenario por estudiar, el análisis tiene como finalidad:

- Definir el área de influencia incluyendo su división en dos zonas.
- Recopilar datos básicos relativos a dicha área, siempre que sean útiles para continuar el estudio.

Los datos necesarios para el cálculo de los pronósticos de tránsito aéreo son:

- Información de centrales telefónicas.
- Datos demográficos.
- Datos turísticos.

Para el estudio de Factibilidad son:

- Datos Socioeconómicos.

### **Demografía.**

Caso de un área de influencia nueva.

En éste caso, se menciona que se necesitan encuestas ante los organismos encargados del desarrollo de la región considerada, para apreciar en el período estudiado:

- La población total (directa e indirecta) generada por los desarrollos turísticos ó industriales.
- La población activa, de ingresos elaborados, deducida de la población total mediante las relaciones:

7% si se trata de un área turística.

8% si se trata de un área industrial.

### **Turismo.**

En éste punto se menciona que se debe tomar nota de las estadísticas existentes y de los pronósticos de crecimiento de la oferta hotelera de cada municipio dotado de central telefónica y situado en la zona I del área de influencia, en las dos formas siguientes:

- Número total de habitaciones de hotel.
- Número de habitaciones acumuladas de hotel de las categorías A y AA (entre tres y cinco estrellas).

También se debe tomar en cuenta el crecimiento futuro, mediante encuestas ante los organismos encargados del desarrollo turístico, que justifique el estudio de la creación de un aeropuerto.

### **Transporte.**

En éste punto es necesario obtener hasta donde sea posible los datos relativos a la infraestructura de transporte existente en la región, así como los pronósticos de su evolución.

- Redes de carreteras y autopistas.



- Planes de desarrollo carretero.
- Eventualmente, ferrocarriles.
- Tiempos de recorrido.

### **Economía.**

Para la obtención del estudio económico de un área de influencia nueva, es necesario tratar de determinar, por medio de encuestas, los datos económicos de:

- Producción.
- Empleo.
- Proyectos de ampliación.
- Ciclos de producción.
- Integración en los planes de desarrollo, etc.

### **AREA DE INFLUENCIA DE AVIACION COMERCIAL DE UN AEROPUERTO.**

Para tener conocimiento de ésta área de influencia, se menciona el procedimiento que es necesario seguir, y que consiste en:

- a) En el mapa S.C.T. por estados, se consideran las velocidades promedio siguientes:
    - 100 Km./h. Para las carreteras federales con cuatro carriles.
    - 75 Km./h. Para las carreteras federales con dos carriles.
    - 60 Km./h. Para las demás.
  - b) Situar el aeropuerto en el mapa S.C.T. (por lo tanto existirá un área de influencia por hipótesis).
  - c) En todas las carreteras que pasan por el aeropuerto, marcar los límites de las categorías de distancias- tiempo.
    - Categoría 1: Localidades situadas a menos de 40 minutos.
    - Categoría 2: Localidades situadas entre 40 y 60 minutos.
- Hay que considerar que la carretera de acceso al nuevo aeropuerto será de dos a cuatro carriles según el tipo de aeropuerto.

- d) Si una localidad está más cercana a otro aeropuerto, suprimirla del área de influencia del aeropuerto estudiado y cambiar los límites del área de influencia.
- e) Trazar una línea poligonal con todos los puntos obtenidos.

## **ESTUDIO DE MERCADO.**

### **Objetivos.**

“Los objetivos fundamentales del estudio son determinar el mercado potencial actual y futuro de un aeropuerto para la realización de un proyecto adecuado a la demanda estimada, y a la evaluación económica del mismo que satisfaga en general dicha demanda”.\*

### **Metodología.**

Se menciona que con objeto de poder estimar el posible mercado potencial del aeropuerto en estudio así como también poder evaluar la demanda probable del mismo, se realizan encuestas y entrevistas en las agencias de viajes, compañías aéreas, dependencia de turismo y centrales camioneras. Esto constituye una variedad completa para el análisis de los diferentes tránsitos.

Las actividades desarrolladas para la elaboración del estudio de mercado y proyecciones de la demanda consisten básicamente en obtener los siguientes indicadores:

- Actualizar los datos de tránsito(origen-destino) y tarifas.
- Determinar el motivo fundamental por el cual se realiza el viaje (trabajo, esparcimiento, etc.).
- Eliminar las incertidumbres relativas a las posibilidades de correspondencia y a los orígenes ó destinos reales de los viajeros (trayectos terminales).
- Analizar la naturaleza de los tránsitos.

\*(Ingeniería de Aeropuertos, Modulo Planificación, Ing. Matías López Jiménez, S.C.T. y U.N.A.M., 1991.).

- Cuantificar la ocupación de los aviones en los vuelos comerciales.
- Determinar la calidad de servicio de las instalaciones del aeropuerto.
- Determinar el medio de transporte utilizado y su distribución de la siguiente forma: automóvil, autobús, avión.
- Obtener información sobre el nivel de ocupación promedio anual de los hoteles en temporadas vacacionales, festivales ó eventos especiales, si se presentan problemas de cupo en los hoteles de la zona.
- Encuesta al turismo que visita la zona, tanto el nacional como el extranjero.
- Investigar si existen planes y programas a corto y mediano plazo para desarrollar una mayor infraestructura turística que incremente la afluencia de turistas a la zona de influencia del aeropuerto. Estos programas influirán en forma significativa en la demanda del aeropuerto.

### **AFOROS.**

La finalidad del estudio es obtener muestras de todos los movimientos del tráfico aéreo dentro de la zona aeronáutica y edificio terminal, datos que habrá que transformar a números característicos que concentren la parte más importante de la información.

Otra finalidad es la de hacer un análisis de los datos experimentales y de los fenómenos observados, a efecto de obtener conclusiones y poder tomar decisiones necesarias.

Una vez hecho el análisis de los datos, se podrá predecir el futuro del fenómeno observado. Por ejemplo; ¿que efectos provocará un aumento de los pasajeros anuales? y ¿cuál será el aumento de pasajeros en horas pico? etc.

El estudio de aforos cubre dos grandes aspectos:

- La recopilación y procesamiento de muestras.
- La interpretación y análisis de los datos procesados.

### **Plan de Recopilación.**

Esta fase de la elaboración estadística consiste en la determinación precisa del fenómeno que se trata de captar, así como las informaciones que pueden ser útiles para los estudios posteriores que del fenómeno quieran hacerse. Igualmente, en ésta fase, de acuerdo con las limitaciones se tendrá que decidir si la investigación será total ó parcial. En el primer caso se trata de hacer un aforo a todos los elementos del aeropuerto; en el segundo sólo se hará en las zonas de saturación

## **CAPITULO IV**

# **CRITERIOS DE EVALUACION PARA EL EMPLAZAMIENTO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## ESTUDIOS.

Para la selección del lugar en donde se localizará el nuevo emplazamiento en determinada región, es necesario efectuar una selección de varios lugares para de ahí recoger la mejor opción, para eso se realizan análisis cuantitativos y cualitativos, apoyados en estudios, primero del tipo meteorológico, los cuales son de una gran ayuda si se considera que estos deben durar cinco años; segundo, estudios topográficos relacionados al levantamiento de accidentes naturales y todo aquello que se considere de gran utilidad para el proyecto del aeropuerto como son: los edificios, vías de comunicación, arroyos, ríos, lagunas, etc.

Y el tercero, que es el estudio aeronáutico del lugar, donde es muy importante la previsión de la aeronave que operará, considerando las del tipo crítico, y las rutas aéreas que se cubrirán desde éste sitio; con éste análisis se determinarán los dimensionamientos de pista, calles de rodaje, plataformas, espacios aéreos y todo lo relacionado con la operación aeroportuaria, para ese lugar.

## AERONAUTICO.

Se menciona que la construcción de un nuevo aeropuerto exige gran cantidad de inversión económica; esto exige que las instalaciones construidas no queden prematuramente obsoletas, ni que se derrochen recursos financieros, materiales y humanos.

Para eso es necesario que el planeador y planificador, prevean que todas las instalaciones del nuevo emplazamiento y su vida útil sea lo más dilatada posible.

Para lograr ésta finalidad el nuevo emplazamiento deberá de contar con suficiente terreno para llevar a cabo las progresivas ampliaciones establecidas en su horizonte de planeación (Plan Maestro), al mismo ritmo que crezca la demanda de tráfico aéreo.

A fin de que la inversión económica rinda beneficios, es necesario, independientemente del terreno, cuidar por la seguridad de las operaciones aeronáuticas y evitar en todo lo posible, peligros y molestias a las poblaciones cercanas, todo esto sin que evite el crecimiento y la eficacia del nuevo aeropuerto.

## **EVALUACION Y SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.**

Tomando en cuenta las previsiones de la demanda esperada ó futura, el volumen y tipo de tráfico aéreo, así como el uso del aeropuerto, podemos decir que la selección del emplazamiento se divide en varias etapas: Estas comienzan con la determinación de la forma y dimensiones del área necesaria para el nuevo aeropuerto, el emplazamiento de las zonas que ofrece posibilidades de ampliación, y el examen y evaluación de dichos emplazamientos.

### **Etapas.**

Se menciona que las etapas principales de toda la evaluación ó selección de un nuevo emplazamiento, son las siguientes:

- 1º- Determinación general de la extensión necesaria del terreno.
- 2º- Situación de los emplazamientos.
- 3º- Estudio preliminar de los probables emplazamientos.
- 4º- Inspección del terreno.
- 5º- Examen de los posibles emplazamientos.
- 6º- Preparación de los planos esquemáticos y cálculo de gastos.
- 7º- Evaluación y selección definitiva.
- 8º- Informe y recomendaciones.

### **Factores.**

Se plantea que antes de considerar los factores que intervendrán en el análisis cualitativo y cuantitativo de cada uno de los lugares propuestos para el nuevo aeropuerto, es necesario determinar en forma general, la extensión de terreno que probablemente se va a requerir. Para ello el planificador ó proyectista considerará fundamentalmente el espacio necesario para la ó las pistas, que por lo general constituyen la mayor parte del terreno exigido para un aeropuerto. A este fin, se deben de examinar los siguientes factores:

- 1º- Longitud de las pistas.

2º- Orientación de las pistas.

3º- Número de pistas.

4º- La combinación de la longitud, número y orientación de las pistas, trazará a manera general la configuración de la zona aeronáutica, con efectos de cálculo para la magnitud del terreno necesario.

Se menciona que una vez determinadas las dimensiones y tipo del aeropuerto, es necesario analizar éstos datos, para posteriormente trazar en planos y mapas los posibles emplazamientos del aeropuerto a construir. La finalidad de éste estudio es eliminar los emplazamientos inapropiados.

Realizada la evaluación general del terreno necesario, con base a un trazado provisional, el cuál puede satisfacer las exigencias de un Plan Maestro para el nuevo aeropuerto, se podrá iniciar la recopilación de antecedentes de los diferentes sitios.

Los factores acerca de los cuales deberá recopilarse información son los siguientes:

**Actividad Aeronáutica.-** Consultar a las líneas aéreas, comerciales y privadas, asociaciones, y a todas aquellas personas que están relacionadas con el nuevo aeropuerto.

**Desarrollo de la Zona Circundante.-** Proporcionar información con respecto a la utilización actual y futura de los terrenos, por parte de las entidades federativas del lugar.

**Condiciones Atmosféricas.-** Obtener datos del lugar referentes a la presencia de niebla, clima, humo, etc. Los cuales pueden reducir la visibilidad y en consecuencia la capacidad del nuevo aeropuerto.

**Accesibilidad al Transporte Terrestre.-** Observar y analizar las carreteras, vías férreas y rutas de transporte público del lugar.

**Disponibilidad de Terrenos Adyacentes.-** Analizar y estudiar la disposición de terrenos adicionales a los necesitados, para futuras ampliaciones.

**Topografía.-** Observar y analizar los factores importantes que repercutirán en el costo de la construcción, tales como las excavaciones, rellenos, condiciones de drenaje, deficiencias del terreno, bancos de materiales, etc.



**Medio Ambiente.-** Observar y analizar el entorno del lugar en lo referente a las zonas naturales que están reservadas a la flora y fauna, y refugios migratorios, así como escuelas, hospitales, zonas habitacionales, etc.; las escuelas podrían ser afectadas por el ruido generado por el nuevo aeropuerto.

**Existencia de Otros Aeropuertos.-** Observar y analizar las rutas aéreas para los aeropuertos que se encuentran relativamente cerca del lugar en estudio.

**Disponibilidad de Servicios de Utilidad Pública.-** Analizar las redes principales de suministro de energía eléctrica, agua, alcantarillado, gas, servicios telefónicos, combustibles, etc.

## METEOROLOGICO.

Se menciona que el estudio meteorológico para un aeropuerto que se va a proyectar tiene como finalidad poder prever la variación de los diferentes fenómenos atmosféricos que se presentan en el sitio de estudio.

**Estaciones Meteorológicas.-** Las estaciones meteorológicas son casetas que en su interior están instalados instrumentos y aparatos para la interpretación de los fenómenos atmosféricos del lugar en estudio. Las estaciones deben de estar instaladas lo más cerca del lugar en el sitio más elevado del área, teniendo un acceso fácil.

### Análisis.

La información meteorológica utilizada para las operaciones aeronáuticas se referencian básicamente en los pronósticos de ruta y del aeropuerto.

Donde, el primero describe las variaciones de los parámetros meteorológicos a lo largo del trayecto que recorrerá la aeronave durante su vuelo comercial; el segundo consiste en informar de las diversas características de nubes, precipitaciones, condiciones de congelamiento y turbulencias, vientos y fenómenos atmosféricos, que pudieran presentarse durante la ruta aérea.

Esta información que es plasmada en el mapa del tiempo significativo, es entregada a la tripulación de la aeronave que realizará el vuelo comercial, previamente establecido por su empresa aérea.

### **Condiciones Meteorológicas.**

Se menciona que la zona del próximo emplazamiento debe de reunir las siguientes condiciones meteorológicas, las que se clasifican en tres partes, como son:

- 1º- Condiciones climatológicas generales de la zona.
- 2º- Consideraciones generales de las rutas aéreas que efectuarán al aeropuerto.
- 3º- Condiciones especiales del lugar elegido para el nuevo emplazamiento.

Donde:

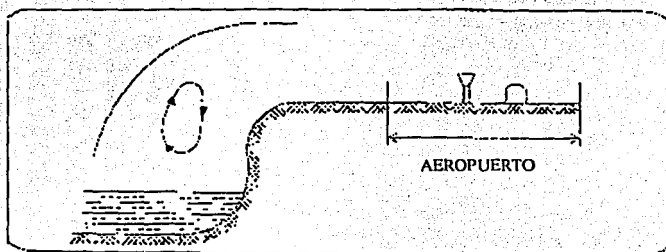
La primera indica las condiciones de utilización de todos los lugares situados dentro de la zona, refiriéndose a la climatología de la misma. De ésta manera se obtienen datos de intensidad y frecuencia de dirección de vientos, por medio de diagramas mensuales y anuales, llamados rosas de vientos; los recorridos totales, es decir, el producto de la velocidad por el tiempo, temperaturas, presiones y humedad, lluvias y nieve, densidades con sus horas más frecuentes; número de días en que las nubes son de altura menor a los 200 m, y las probabilidades de formación de tormentas en determinados meses.

La segunda en ocasiones un pequeño desplazamiento del proyecto dentro de la misma región, puede conducir a mejorar las condiciones futuras del próximo emplazamiento, como es el caso de las frecuentes brumas y por lo tanto de la mala visibilidad, que pudieran ser ocasionadas por la proximidad de núcleos fabriles y zonas montañosas. Esto también sucede en las proximidades de ríos, a consecuencia de la formación de nieblas debidas a la fuerte evaporación que existe en esos lugares.

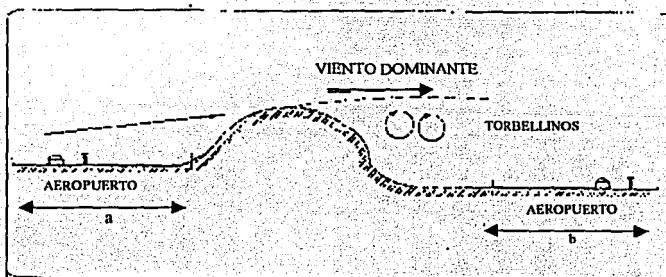
Y la tercera, que por causas del relieve del suelo se pueden modificar las capas de aire más bajas, variando en parte la meteorología común a toda la zona; produciendo por éste motivo corrientes ascendentes y descendentes, así como variaciones en las direcciones del viento, que habrán de tener en cuenta, por poder poner en peligro las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves, así como de las maniobras a baja altura; y también determinarán cambios de dirección de las pistas previamente construidas.

A continuación se presentan en forma descriptiva y gráfica los efectos naturales del aire en los diferentes relieves del suelo.

Influencia de una cadena montañosa con fuertes escapes de viento. Esta cadena origina hasta un 25 % de torbellinos, los que hacen peligrosas zonas de éste tipo.



EFFECTOS QUE SE PRODUCEN POR VARIACIONES DEL RELIEVE DEL SUELO



INFLUENCIA DE UNA CADENA MONTAÑOSA SOBRE EL VIENTO.

Diagrama obtenido de:

XXV curso internacional de ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez,  
A.S.A y U.N.A.M., 1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

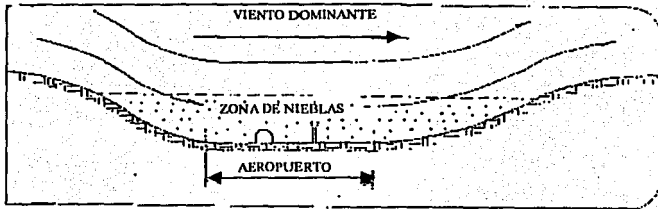


FIG. 1 FORMACION DE NIEBLAS EN VALLES ESTRECHOS

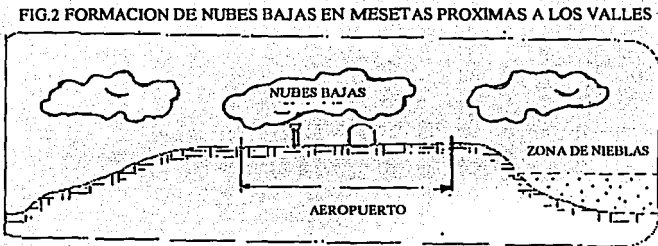


FIG.2 FORMACION DE NUBES BAJAS EN MESETAS PROXIMAS A LOS VALLES

Diagrama obtenido de:

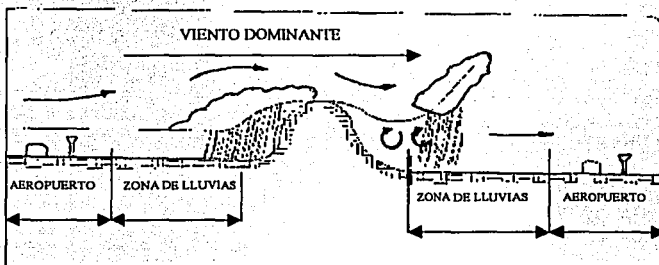
XXV curso internacional de ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baftazar Vélez, A.S.A y U.N.A.M., 1997

El relieve favorece la formación de nubes en aquellos sitios donde existen grandes turbulencias, formándose nieblas en los valles estrechos, donde las corrientes de aire dan lugar a ráfagas ascendentes y descendentes como se muestra en la figura; así como en las mesetas próximas a los valles se presenta el peligro por las aeronaves, por las nubes bajas que existen con mucha frecuencia.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



INFLUENCIA DE LAS CADENAS MONTAÑOSAS EN LA FORMACION DE NUBES.



INFLUENCIA DE LAS CADENAS MONTAÑOSAS EN EL FRACCIONAMIENTO DE UN FRENTE FRIO O CALIENTE.

Diagrama obtenido de:

XXV curso internacional de ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A y U.N.A.M., 1997

Las cadenas montañosas fijan las nubes a barlovento aún con vientos fuertes, por resultar favorecidas las corrientes ascendentes de aire, ocurriendo lo contrario a sotavento. Cuando estas cadenas fraccionan un frente frío ó caliente, se producen mayores lluvias a barlovento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El estudio de las frecuencias e intensidades de vientos se efectúa por medio del diagrama de vientos, que consta de una rosa de 4, 8, 16 direcciones, en cuyos radios se toman longitudes proporcionales al número de horas en que sopla el viento en la dirección del radio, tomando esta de fuera al centro de la rosa. El reporte de estos diagramas puede ser semanal, mensual y anual, siendo estos últimos los que se utilizan para la orientación de las operaciones de acceso directo.

## **TOPOGRAFICO.**

### **Planificación.**

Para poder lograr con éxito la operación topográfica, es necesario contar con los conocimientos adecuados de la topografía y de los materiales a emplear.

Se menciona que una vez que se ha autorizado el proyecto y se conocen los resultados deseados del estudio topográfico, se debe seguir el siguiente orden:

- 1°- Elección de las exactitudes que se desean.
- 2°- Estudio del control existente.
- 3°- Reconocimiento de la triangulación, itinerario y nivelación, incluyendo la selección de las estaciones y probables puntos de referencia.
- 4°- Elección de instrumentos y métodos.
- 5°- Elección del cálculo y esquema de procedimiento.

### **Levantamiento Topográfico.**

La elección de la exactitud del control básico depende de la finalidad del estudio. En general, debe utilizarse para un control básico horizontal y vertical.

### **Poligonales.**

Las poligonales son los elementos de levantamiento topográfico cuya magnitud es la distancia de un punto de origen a un punto final. Estas se clasifican en cerradas y abiertas.

Se menciona que para los levantamientos topográficos de importancia es necesario referir las direcciones de los lados al norte astronómico, que para el caso de un nuevo aeropuerto se debe ligar la poligonal al eje de la pista en diseño. Con lo cual se puede determinar directamente al azimut astronómico ó en su caso particular, el rumbo astronómico calculado.

## **IMPACTO AMBIENTAL.**

“El impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre ó la naturaleza. Por esto dentro del desarrollo del emplazamiento desde su construcción, hasta su operación, es necesario prever y poder identificar los diferentes impactos que serán generados tanto en el ámbito ecológico, así como el aspecto socioeconómico”.\*

### **Identificación de Impactos Ambientales.**

Se menciona que para poder evaluar el ó los diferentes impactos ambientales que surgirán en el entorno de las instalaciones, futuras ó actuales del aeropuerto, es necesario realizar principalmente dos etapas, que son:

#### **Primera etapa:**

Esta etapa es la inicial, se utilizará la identificación de las actividades desde el principio de su proyecto que conllevarán a el impacto, así como los diferentes elementos del ambiente que potencialmente puedan ser afectados. Para la realización de éste proceso se puede aplicar la matriz de Leopold (1982).

\*(XXV Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A. y U.N.A.M., 1997).

### Segunda etapa.

Esta etapa que es la final, es donde se procede a la descripción de cada uno de los impactos detectados, de forma que sean reconocibles sus características. Este proceso se lleva a cabo manteniendo constante un elemento del ambiente en particular y variando la etapa del proyecto, obteniéndose el comportamiento del impacto respecto al tiempo.

### Evaluación de los Impactos.

Es evidente que no todos los impactos presentan la misma importancia o significancia, en consecuencia se requerirá seleccionar aquellas acciones del proyecto que representan los aspectos más adversos ó benéficos, para el entorno del aeropuerto.

### Medidas de prevención y mitigación de los impactos identificados.

Se menciona que para el caso de la etapa de selección del sitio, así como en el de la construcción de las instalaciones del aeropuerto, las actividades de despalme, desmonte, y la explotación de los bancos de materiales; afectarán la flora y fauna nativa del lugar; para el primer caso se podrán perder las especies vegetales existentes, así como la cubierta vegetal de dicha zona siendo en la mayoría de los casos irreversible esta situación, sin embargo, una vez concluidas todas las actividades de construcción es necesario realizar la siembra de vegetación nativa del área para lograr una adaptación eficiente y rápida; para el segundo caso la fauna nativa del lugar por las características propias de dichas actividades ya que al perder su hábitat tiene que emigrar a otros lugares quedando sólo fauna del tipo oportunista la cual deberá ser controlada por las autoridades correspondientes.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción de las instalaciones del emplazamiento, la erosión provocada por las actividades de desmonte y despalme no podrán ser prevenidas ó mitigadas. Sin embargo, una vez que se concluyan las obras de construcción es necesario realizar una plantación con la vegetación nativa de la zona, esto es con la finalidad de restituir en lo posible el ambiente original.



Se menciona que en lo referente a la calidad el suelo, este elemento no podrá ser recuperado, hasta que hayan concluido todas las etapas de construcción. Para mitigar en lo posible esta afectación, será necesario reafirmar la necesidad de plantar especies vegetales en las zonas que así sea posible, y sobre todo con aquellas cuya capacidad de adaptación sea rápida (especies nativas).

El agua superficial será beneficiada siempre y cuando existan drenes adecuados para ello, tal como las bocas de tormentas ubicadas estratégicamente, principalmente en las calles de rodaje, de acceso y plataformas; asimismo, si se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, su calidad será significativa.

La economía de la región se ve beneficiada por la puesta en marcha del proyecto, tanto por la construcción y la operación del nuevo emplazamiento, así como por el arribo continuo de visitantes provenientes de otros lugares, generando una derrama económica, con lo que su estilo y calidad de vida de los habitantes de la región se verá beneficiada.

Para evaluar el impacto ambiental por ruido producto de las aeronaves, existen diversas normas y métodos recomendados internacionalmente contenidos en el anexo 16 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Sin embargo, los métodos en general consideran la altura del lugar y la temperatura, el número de despegues y aterrizajes en un día representativo, el tipo de aeronaves incluyendo el número, la clase, el peso y la potencia de los motores para el despegue, entre otros factores.

## **CAPITULO V**

# **ELEMENTOS BASICOS PARA EL PROYECTO Y DISEÑO**

## PROYECTO AERONAUTICO.

Una vez seleccionado el lugar donde se va a construir el nuevo emplazamiento, se procede a llevar a cabo el diseño y proyecto de la zona aeronáutica, conforme a normas y recomendaciones tanto nacionales, como internacionales (OACI).



### PISTA, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO

Fotografía obtenida de:

Revista A.S.A, 1999.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Pista.**

Las pistas son áreas rectangulares definidas en un aeropuerto, se emplean para el aterrizaje y despegue de aeronaves.

La configuración de una pista debe permitir el movimiento seguro y rápido de las aeronaves y de los vehículos de transporte de superficie.

Se menciona que son numerosos los factores que influyen en la determinación de la operación, emplazamiento y cantidad de pistas. Un factor muy importante es el coeficiente de utilización, que es determinado por la distribución de los vientos, otro factor importante es la alineación de pista, la que permite obtener la provisión de las aproximaciones que se ajusten a las especificaciones sobre superficies de aproximación.

Se menciona también que la pista principal deberá estar orientada en la dirección del viento predominante, con un coeficiente de utilización mínimo del 95% de las aeronaves que emplearán esta zona aeronáutica.

En el caso de que sean dos ó más pistas, éstas deberán orientarse de modo que las zonas de aproximación y de despegue se encuentren libres de obstáculos, con preferencia para que las aeronaves no vuelen directamente sobre zonas pobladas.

### **Coefficiente de Utilización.**

El coeficiente de utilización del 95% (Anexo 14, OACI) se aplica para cualquier condición meteorológica. Pero es recomendable examinar la velocidad y dirección del viento para diversas condiciones de visibilidad. Al aplicarse este coeficiente se supondrá en condiciones normales, impide el aterrizaje ó despegue de una aeronave con una componente transversal de viento que exceda de:

37 km./h (20 nudos).- Cuando se trata de aeronaves cuya longitud de campo de referencia es de 1500mts. ó más. Excepto cuando se presenten con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista, debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente, y en cuyo caso deberá suponerse una componente transversal de viento que no exceda de 24 km./h (13 nudos).

24 km./h (13 nudos).- Es para el caso de aeronaves cuya longitud de campo de referencia es de 1200 mts. mayor, pero menor a 1500.

19 km./h (10 nudos).- Es para aeronaves cuya longitud de campo de referencia sea menor de 1200mts.

El cálculo del coeficiente de utilización debe estar basado en estadísticas confiables de datos de la distribución de los vientos del lugar en estudio, por un período no menor de cinco años. Estas observaciones deberán hacerse por lo menos ocho veces al día, en intervalos establecidos.

#### Condiciones de Visibilidad.

Por lo general las características del viento en condiciones de escasa visibilidad difieren bastante unas de otras. Por esto, se debe realizar un estudio sobre las condiciones del viento con escasa visibilidad y baja base de nubes en el lugar.

#### Estudios Técnicos.

Deberán de tomarse en cuenta las características topográficas del lugar y de sus inmediaciones, considerando: el cumplimiento de las disposiciones relativas de las superficies limitadoras de obstáculos; la utilización de los terrenos actuales y para el futuro; la longitud de pista a construir con sus crecimientos posteriores; costos de construcción, posibilidad de ayudas visuales y no visuales, de aproximación; la orientación y el trazado de la pista principal deberá de elegirse de tal manera que en la medida de lo posible se protejan por el ruido de las aeronaves las zonas especialmente habitadas, como zonas residenciales, hospitales, escuelas, etc.

#### Longitud.

Los factores que influyen para el cálculo de la longitud de pista son los siguientes:

1º- Características físicas y operaciones de las aeronaves a las que prestará el servicio el nuevo aeropuerto.

2°- Condiciones meteorológicas, principalmente de viento y temperatura del lugar.

3°- Características de la pista tales como pendiente y estado de la superficie.

4°- Factores relacionados con el emplazamiento, como es la elevación del lugar, presión barométrica, y las limitaciones topográficas.

Cuanto mayor sea la velocidad del viento de frente que sopla en la pista, más corta será la longitud de pista que correrá una aeronave ya sea al despegue ó al aterrizaje. A la inversa, un viento de cola aumenta la longitud de la pista requerida para el aterrizaje ó despegue.

Cuanto más elevada sea la temperatura del lugar, mayor longitud habrá de tener la pista requerida: esto es consecuencia de que las temperaturas elevadas se traducen en densidades menores del aire, siendo este un factor que reduce el empuje producido por los motores de las aeronaves, así como su sustentación.

#### Distancias.

Cuando el aeropuerto a construir vaya a disponer de pistas paralelas para uso simultáneo cuando existan condiciones meteorológicas de vuelo visual, la distancia mínima entre sus respectivos ejes es de:

1°- 210 mts. Cuando el número de clave para el nuevo aeropuerto sea 3 ó 4.

2°- 150 mts. Cuando el número de clave del aeropuerto vaya a ser 2.

3°- 120 mts. Cuando el número de clave del aeropuerto a construir sea 1.

#### Longitud Efectiva de las Pistas.

Al determinar la longitud de pista con que contará el emplazamiento, será necesario considerar los requisitos de despegue y de aterrizaje, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista. Entre las condiciones del tipo local se considerarán la elevación y la temperatura del lugar, pendiente de la pista, humedad y características de la superficie de la propia pista. Cuando no se conozcan los datos técnicos (performance) de las aeronaves que operarán en el nuevo aeropuerto, se determinará la longitud de la pista principal por medio del coeficiente de utilización.

Cuando una pista este asociada con una zona libre de obstáculos, se podrá considerar satisfactoria la longitud. La decisión de proporcionar una zona de parada, ó una zona libre de obstáculos, prolongará su longitud de diseño.

#### Distancias Declaradas.

El complemento del cálculo de pista es el diseño de las zonas de parada y de zonas libres de obstáculos para las aeronaves ya sea en su operación de aproximación y de despegue, y la introducción de umbrales desplazados, todo esto dentro del concepto de "distancias declaradas". A continuación se indican los elementos principales que la integran.

#### Recorrido de Despegue Disponible (TORA).

Es la longitud que se ha declarado disponible y adecuada para recorrido en tierra de una aeronave que va a despegar.

#### Distancia de Despegue Disponible (TODA).

Es la longitud del recorrido de despegue disponible, más la longitud de la zona libre de obstáculos (si existiera).

#### Distancia de Aceleración Parada Disponible (ASDA).

Es la longitud de zona de parada (si existiera).

#### Distancia de Aterrizaje Disponible (LDA).

Es la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de una aeronave que aterrice.

#### Operación.

Las limitantes de utilización de la performance de la aeronave, requieren que se disponga de una longitud de pista lo suficientemente larga, como para asegurar que después de iniciar el despegue, pueda detenerse con seguridad, ó conducirla sin ningún peligro.

#### Gotas.

Las gotas son ampliaciones en las cabeceras de la pista, diseñadas y proyectadas para que el viaje de las aeronaves sea más rápido y eficiente.

### Normas y Recomendaciones.

Los grandes aeropuertos requieren en ocasiones de tres ó más pistas para su operación aeronáutica, la mejor configuración para un sistema de pistas múltiples, depende de la separación mínima necesaria, por razones de seguridad, dirección de los vientos dominantes, características topográficas, forma y cuantía del espacio disponible, y superficies para la plataforma de operación ó de estacionamiento, el área terminal y los edificios anexos.

En la siguiente tabla se indica el ancho de pista según el número y letra de clave para los aeropuertos.

NUMERO DE CLAVE	LETRA DE CLAVE				
	A	B	C	D	E
1°	18 M.	18 M.	23 M.	—	—
2°	23 M.	23 M.	30 M.	—	—
3°	30 M.	30 M.	30 M.	45 M.	—
4°	—	—	45 M.	45 M.	45 M.

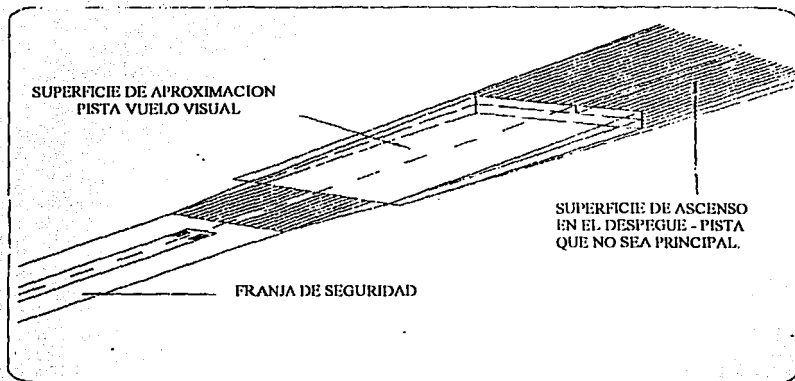
LA ANCHURA DE TODA PISTA DE APROXIMACION DE PRECISION DEBERA SER MENOR DE 30 M. CUANDO EL NUMERO DE LA CLAVE SEA 1 ó 2.

Tabla obtenida de:

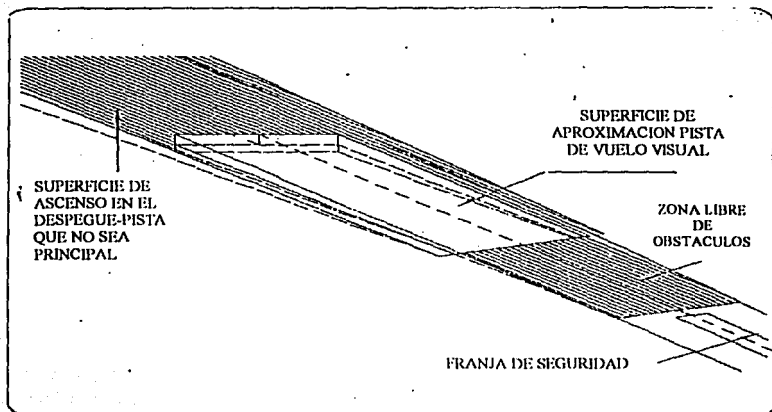
XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M., 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





**SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE Y SUPERFICIE DE APROXIMACION  
CON UMBRAL DESPLEGADO.**

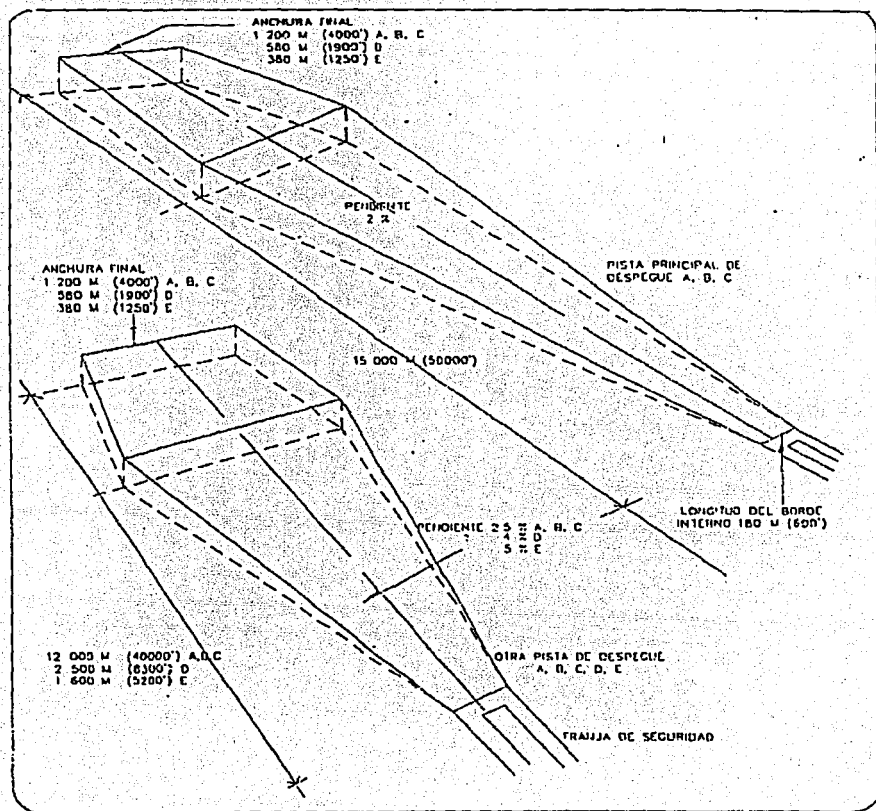


**SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE Y SUPERFICIE DE APROXIMACION  
CON ZONA LIBRE DE OBSTÁCULOS**

Dibujos obtenidos de:

XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez,  
A.S.A., y U.N.A.M., 1997.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



*SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE*

Dibujo obtenido de:

XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez,  
A.S.A., y U.N.A.M, 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Tipo de Aeropuerto.

La clasificación del tipo de aeropuerto, así como de la aeronave crítica que operará, es de gran importancia para la optimización de las instalaciones.

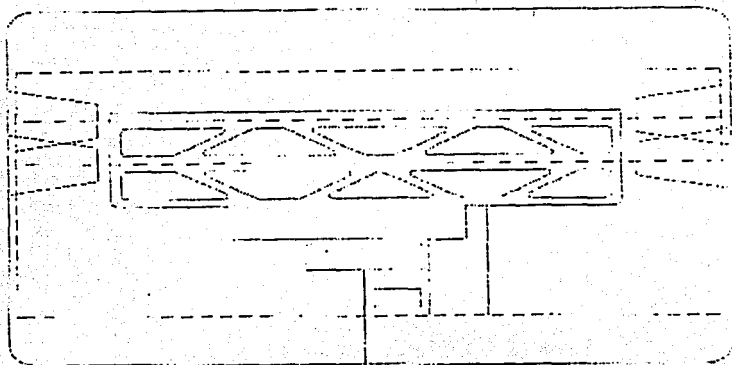
ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
NUM. DE CLAVE	LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA DE AVION.	LETRA DE CLAVE	ENVERGADURA	ANCHURA EXTERIOR ENTRE RUEDAS DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL *
1	MENOS DE 800 M.	A	HASTA 15 M. (EXCLUSIVE)	HASTA 4.5 M. (EXCLUSIVE)
2	DESDE 800 M. HASTA 1200 M. (EXCLUSIVE)	B	DESDE 15 M. HASTA 24 M. (EXCLUSIVE)	DESDE 4.5M. HASTA 6 M. (EXCLUSIVE)
3	DESDE 1200 M. HASTA 1800 M. (EXCLUSIVE)	C	DESDE 24 M. HASTA 36 M. (EXCLUSIVE)	DESDE 6 M. HASTA 9 M. (EXCLUSIVE)
4	DESDE 1800 M. EN ADELANTE	D	DESDE 36 M. HASTA 52 M. (EXCLUSIVE)	DESDE 9 M. HASTA 14 M. (EXCLUSIVE)
		E	DESDE 52 M. HASTA 60 M. (EXCLUSIVE)	DESDE 9 M. HASTA 14 M. (EXCLUSIVE)

\*DISTANCIA ENTRE LOS BORDES EXTERIORES DE LAS RUEDAS DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL

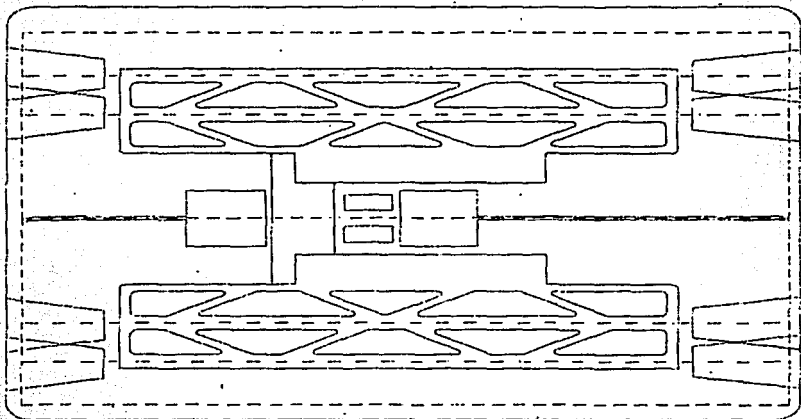
Tabla obtenida de:

XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M, 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**AEROPUERTOS DE MEDIANO ALCANCE**



**AEROPUERTOS DE LARGO ALCANCE**

Dibujos obtenidos de:

XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez,  
A.S.A., y U.N.A.M., 1997.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## Calles de Rodaje.

### Normas y Recomendaciones.

El objetivo de las calles de rodaje es facilitar el acceso desde la pista, hasta la plataforma de operaciones ó de estacionamiento del edificio terminal ó zona de mantenimiento. Estas calles deben estar situadas de tal manera que al aterrizar la aeronave, no interfiera con otra.

LETRA DE CLAVE	DISTANCIA ENTRE EL EJE DE UNA CALLE DE RODAJE Y EL EJE DE UNA PISTA, EN M.				DISTANCIA ENTRE EL EJE DE UNA CALLE DE RODAJE Y OTRA CALLE DE RODAJE EN M.	DISTANCIA ENTRE EL EJE DE UNA CALLE DE RODAJE QUE NO SEA CALLE DE UN ACCESO A UN PUESTO DE ESTACIONAMIENTO DE AERONAVES Y UN OBJETO, EN M.	DISTANCIA ENTRE EL EJE DE LA CALLE DE ACCESO A UN PUESTO DE ESTACIONAMIENTO DE AERONAVES Y UN OBJETO, EN M.
	PISTAS DE VUELO POR INSTRUMENTOS		PISTAS DE VUELO VISUAL				
	NUMERO DE CLAVE 1	2 3 4	NUMERO DE CLAVE 1	2 3 4			
A	82.5	82.5 -- --	37.5	47.5 -- --	21	13.5	12
B	87	87 -- --	42	42 -- --	31.5	19.5	16.5
C	--	-- 168 --	--	-- 93 --	46.5	28.5	24.5
D	--	-- 176 176	--	-- 101 101	65.5	42.5	36
E	--	-- -- 180	--	-- -- 105	76.5	46.5	40

LETRA DE CLAVE	ANCHURA DE LA CALLE DE RODAJE
A	7.5 M.
B	10.5 M.
C	15 M. SI LA CALLE DE RODAJE ESTA PREVISTA PARA AVIONES CON BASE DE RUEDAS INFERIOR A 18 M. 18 M. SI LA CALLE DE RODAJE ESTA PREVISTA PARA AVIONES CON BASE DE RUEDAS IGUAL O SUPERIOR A 15 M.
D	18 M. SI LA CALLE DE RODAJE ESTA PREVISTA PARA AVIONES CUYA DISTANCIA ENTRE LAS RUEDAS EXTERIORES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL SEA INFERIOR A 9 M.
E	23 M. SI LA CALLE DE RODAJE ESTA PREVISTA PARA AVIONES CUYA DISTANCIA ENTRE LAS RUEDAS EXTERIORES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL, SEA IGUAL O SUPERIOR A 9 M.

23 M

Tablas obtenidas de:

XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M, 1997.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

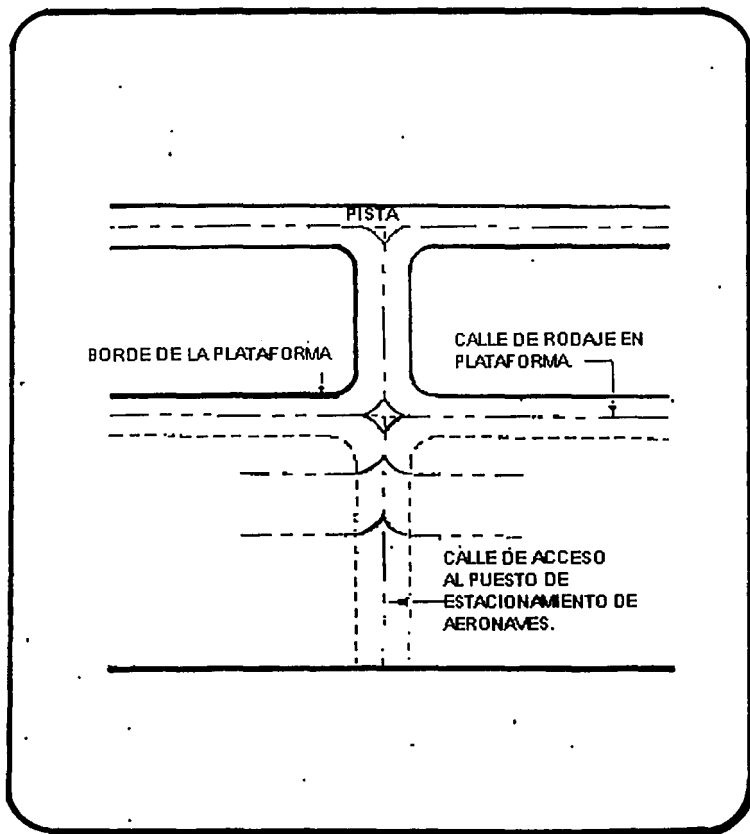
Se menciona que la proyección de las calles de rodaje proporciona un equilibrio entre las operaciones aeronáuticas y la pista, plataformas de estacionamiento y de servicio. El sistema de calles de rodaje deberá de diseñarse de tal manera que la capacidad de acomodo del volumen de tráfico que requiera el nuevo aeropuerto sea lo más óptimo posible.

Estas calles también se les conoce como de salida, pueden formar un ángulo agudo ó recto con la pista. Para el primer caso la aeronave tiene que desacelerarse hasta una velocidad relativamente baja, antes de que pueda efectuar el viraje de salida y para el segundo caso, las aeronaves salen de la pista a alta velocidad, reduciéndose así el tiempo de ocupación de la pista, aumentando su capacidad a la vez.

Las calles de rodaje que comunican a la pista con las plataformas se clasifican en dos tipos:

1º- La calle de rodaje en la plataforma proporciona un medio directo para el rodaje a través de la plataforma, con la finalidad de tener acceso al puesto de estacionamiento para las aeronaves.

2º- La calle de acceso al puesto de estacionamiento para aeronaves, es la parte de la plataforma utilizada como calle de rodaje con acceso solamente a los puestos de estacionamiento.



### DISPOSICIÓN DE LAS CALLES DE RODAJE

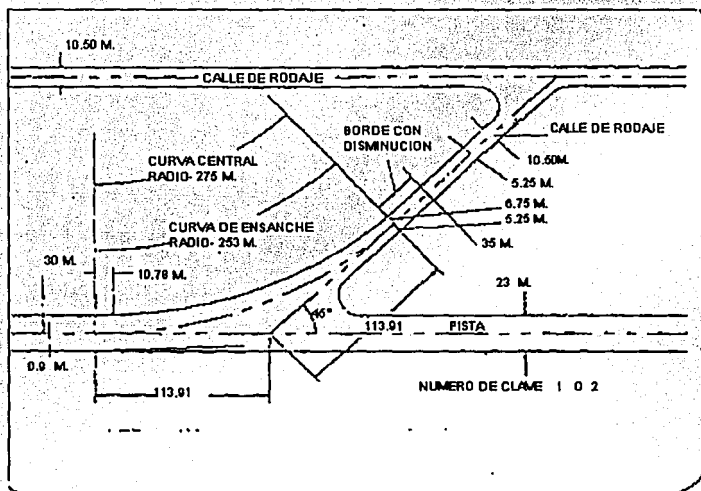
Dibujo obtenido de: XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M, 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Dimensionamiento

Para poder dimensionar las calles de rodaje, sus acotamientos y las franjas de seguridad respectivas, se puede utilizar la clave de referencia del aeropuerto.

Su proyección con respecto a la pista es por medio de ángulos de 25 a 45°, los cuales permiten a las aeronaves que aterrizan virar a grandes velocidades hacia la zona de plataformas.



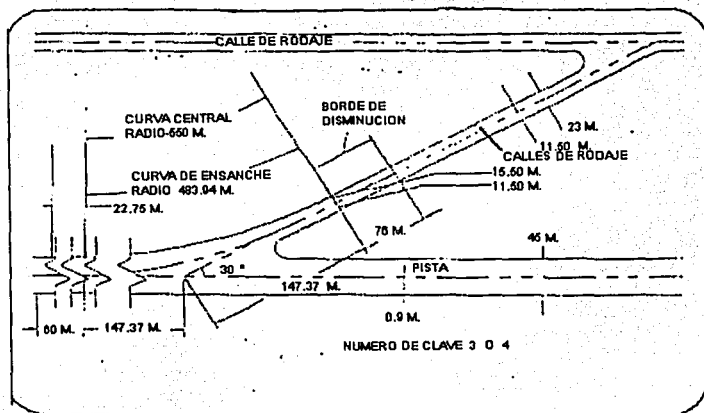
*CALLES DE SALIDA RAPIDA*

Dibujo obtenido de:

XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M., 1997.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





### CALLES DE SALIDA RAPIDA

Diagrama obtenido de: XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M., 1997.



### CALLE DE SALIDA RAPIDA Y PISTAS DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE

Fotografía obtenida de la revista A.S.A., 1999.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Plataforma de Operaciones.

Se menciona que la plataforma de operaciones es un área destinada a dar cabida a las aeronaves, donde desarrollan las actividades de embarque, desembarque de pasajeros, carga, correo, abastecimiento de combustible, estacionamiento y mantenimiento.

LETRA DE CLAVE	MARGEN
A	3 METROS
B	3 METROS
C	4.5 METROS
D	7.5 METROS
E	7.5 METROS

#### MARGENES DE SEPARACION EN PLATAFORMA

Tabla obtenida de:

XXV Curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M, 1997:

La plataforma se clasifica de acuerdo al servicio que prestará, tal como:

Plataforma de Terminal ó de Operaciones.- Es un área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves del tipo comercial, situada junto a la terminal de pasajeros.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

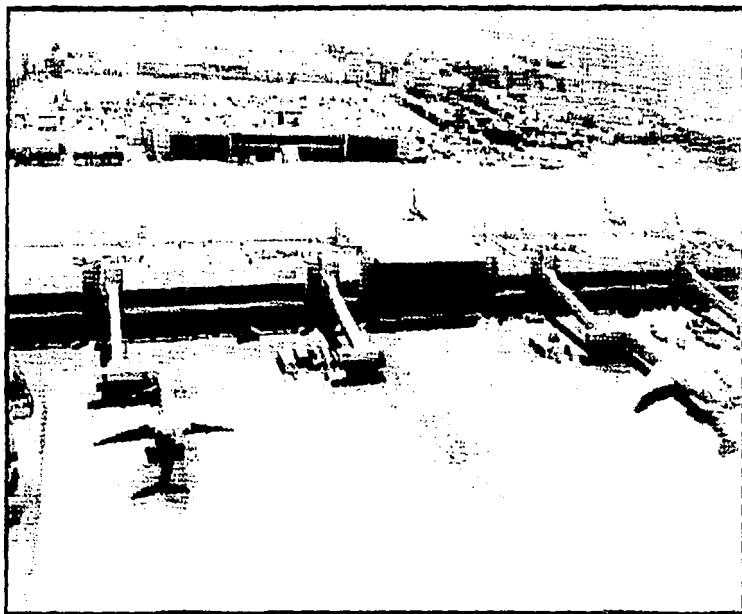
Plataforma de Aviación General ó de Avionetas.- Es un área destinada para aeronaves del tipo personal y de negocios. Existen otros tipos, tales como:

Plataforma de carga.

Plataforma de Pernocta.

Plataforma de Mantenimiento.

Plataformas para el estacionamiento de aeronaves que tienen su base en el aeropuerto.



**PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO**

Fotografía obtenida de la revista A.S.A., 1999.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## Diseño.

El diseño de la plataforma debe cumplir con los requisitos de seguridad en lo referente a las maniobras de las aeronaves, manteniendo los márgenes de separación establecidos y las pendientes necesarias para impedir la propagación de algún incendio al efectuarse el reabastecimiento para aeronaves. Con objeto de evitar cualquier posible incidente, las pendientes en las plataformas deben ser entre el 0.5 y el 1.0 %.

Durante el diseño y proyecto de la plataforma se deberá tener en cuenta el chorro de gases que generarán las turbinas de las aeronaves, así como los efectos del calor y de las velocidades de aire sobre las instalaciones adyacentes.

La superficie total de una plataforma, además de comprender la superficie de estacionamiento de las aeronaves, incluye también la superficie necesaria para las calles de rodaje para la plataforma, las calles de acceso al puesto de estacionamiento y las vías de servicio para proporcionar los servicios auxiliares que se precisen.

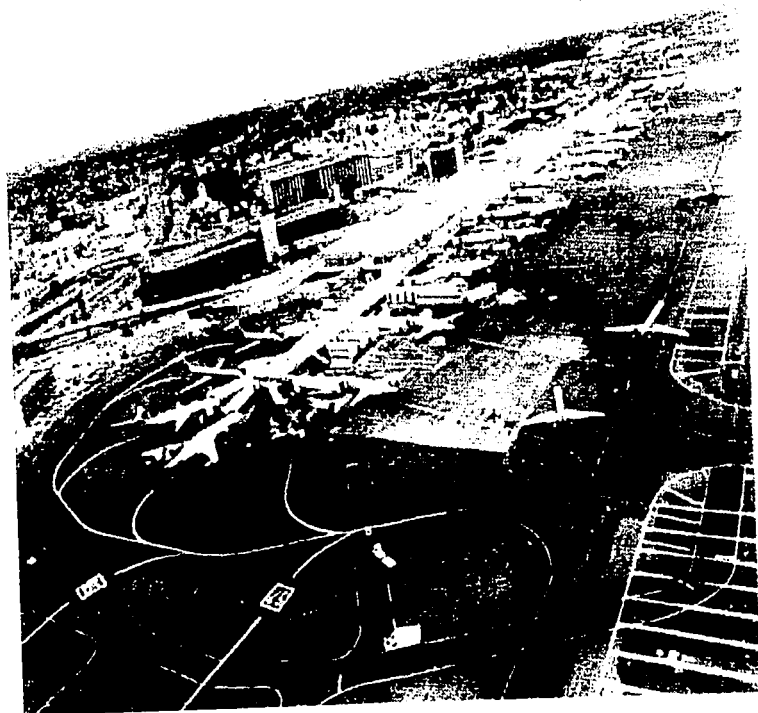
Dentro de la planeación y la planificación de la plataforma se deberá de tener en cuenta la zona de maniobras y de estacionamiento del equipo terrestre. Se deberá de inducir que una aeronave estacionada, al iniciar su movimiento por su propio impulso se deberá desplazar, aproximadamente 3.0 mts. en línea recta, para posteriormente efectuar su viraje, y así evitar fricción entre los neumáticos de la aeronave y el pavimento de la plataforma.



PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO Y CALLE DE RODAJE PARALELA A LA PISTA

Fotografía obtenida de la revista A.S.A, 1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO Y CALLES DE RODAJE**

Fotografía obtenida de la revista A.S.A, 1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Pistas Secundarias.**

La longitud de este tipo de pista se determinará de manera similar que la principal, excepto que necesita ser apropiada únicamente para aeronaves que requieran usarla, con la finalidad de obtener un coeficiente de utilización de cuando menos el 95%.

### **Franjas de Seguridad.**

Se menciona que las franjas de seguridad son superficies definidas dentro de las que se ubican las pistas y calles de rodaje, con la finalidad de reducir el riesgo de daños a las aeronaves que bien podrían salirse de la pista. Estas franjas también se deben de encontrar en las orillas de las plataformas, para el establecimiento de los acotamientos y de las luces para el servicio nocturno, ó en condiciones de mala visibilidad.

Las dimensiones de las franjas de seguridad para las pistas, dependen del tipo de operaciones aeronáuticas que se realizarán, ya sea en forma visual, por instrumentos y de precisión.

### **Linderos de Emplazamiento.**

Los linderos se utilizan para determinar la superficie del aeropuerto, no sólo al inicio de sus operaciones, sino hasta el desarrollo máximo que tendrá dentro de lo establecido en su Plan Maestro. La reserva territorial aunque no se vaya a usar inmediatamente deberá estar incluida en el área total.

### **Camino Perimetral.**

Por lo general el eje del camino principal se localiza en forma paralela al lindero del emplazamiento a una distancia mínima de 15.0 mts. Las dimensiones dependen del tipo, peso y velocidad de los vehículos que lo van a circular.

### **Camino de Acceso.**

El camino de acceso es la vía de comunicación exterior al aeropuerto, su dimensionamiento dependerá de la cantidad y tipo de vehículos que se pronostiquen en los períodos de máxima actividad del aeropuerto.

### **Superficies Limitadoras de Obstáculos.**

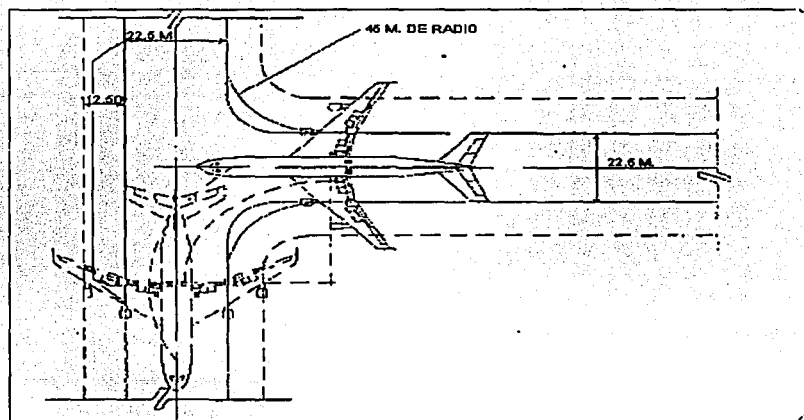
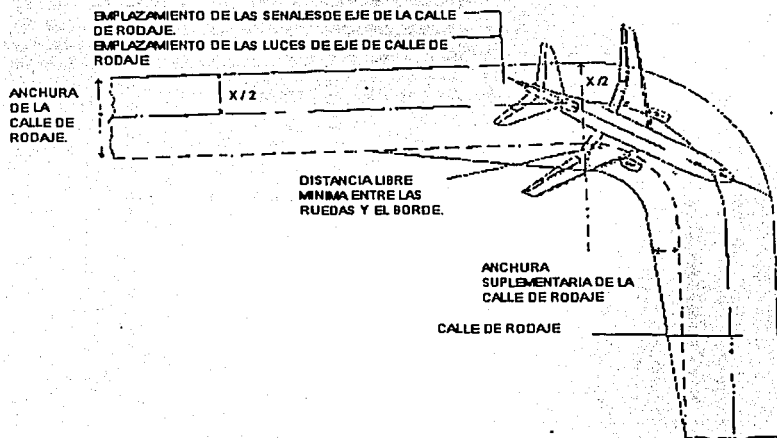
Para que puedan realizarse las operaciones aeronáuticas del nuevo aeropuerto con seguridad y confiabilidad, en el proyecto se deberá de establecer una serie de superficies limitadoras de obstáculos cuyos límites horizontales y verticales determinarán hasta donde se podrán proyectar los objetos.

La forma y dimensión para las superficies limitadoras de obstáculos en el entorno del nuevo emplazamiento, deberá ser del tipo de operación que se irá a efectuar como es el caso de visual, por instrumentos de precisión ó no precisión; y del número de clave de referencia del nuevo aeropuerto.

### **Radios de Giro.**

Se menciona que el centro de giro de las aeronaves, es el punto de pivoteo en torno al cual la aeronave vira. Este punto se encuentra situado a lo largo del tren de aterrizaje principal, a una distancia variable del eje longitudinal del fuselaje, de acuerdo con el ángulo de esviaje de las ruedas del tren de nariz.

Estos datos son muy importantes, ya que al girar la aeronave, su radio de giro es mayor al radio central de las curvas de giro de las calles de rodaje, puede ocasionar que se salga de la calle de rodaje, provocando un accidente (llantas fuera del acotamiento).



### RADIO DE GIRO DE AERONAVES

Diagramas obtenidos de XXV curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A y U.N.A.M., 1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

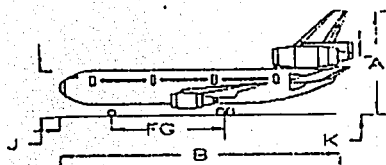
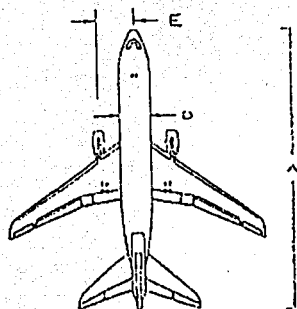
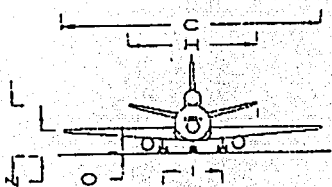


### **Especificaciones de Aeronaves.**

Se menciona que para poder dimensionar en forma óptima los elementos de la zona aeronáutica es necesario conocer las normas, recomendaciones, especificaciones, funcionamiento y operación de las aeronaves que utilizan ó utilizarán al aeropuerto, dentro de la planeación.

Enseguida se muestra una clasificación de diferentes aeronaves, donde se menciona el modelo, clave de referencia del aeropuerto y la longitud de pista mínima necesaria en condiciones óptimas de despegue.

DIMENSION		MODELO DC-10-10
A	M	55.55
	PIES	187' 3"
B	M	51.97
	PIES	170' 9"
C	M	47.95
	PIES	155' 4"
D	M	0.02
	PIES	10' 9"
E	M	8.41
	PIES	27' 7"
F	M	8.50
	PIES	27' 10"
G	M	22.07
	PIES	72' 5"
H	M	21.68
	PIES	71' 7"
I	M	10.67
	PIES	35' 0"
J (MINIMO)	M	8.19
	PIES	28' 11"
J (MAXIMO)	M	8.44
	PIES	27' 9"
K (MINIMO)	M	9.00
	PIES	29' 7"
K (MAXIMO)	M	9.20
	PIES	30' 10"
L (MINIMO)	M	17.67
	PIES	57' 4"
L (MAXIMO)	M	17.80
	PIES	58' 5"
M (MINIMO)	M	7.18
	PIES	23' 8"
M (MAXIMO)	M	7.50
	PIES	24' 7"
N (MINIMO)	M	4.34
	PIES	14' 3"
N (MAXIMO)	M	4.70
	PIES	15' 5"
O (MINIMO)	M	0.84
	PIES	2' 9"
O (MAXIMO)	M	1.01
	PIES	3' 4"



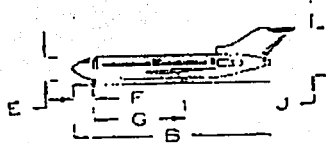
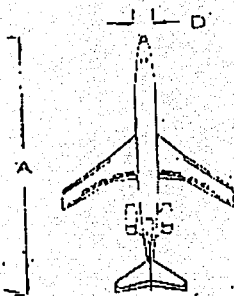
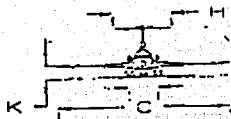
## DIMENSIONES GENERALES

### AVION DOUGLAS DC-10

Diagrama obtenido de XXV curso Internacional de ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A. y U.N.A.M. 1997.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

DIMENSION		MODELO
		727-100
A	M	40.58
	PIES	132.7
B	M	25.41
	PIES	118.2"
C	M	37.82
	PIES	104
D	M	3.78
	PIES	12.4"
E	M	4.81
	PIES	13.7"
F	M	4.8
	PIES	15.1"
G	M	16.23
	PIES	83.3"
H	M	10.90
	PIES	35.8"
I	M	5.72
	PIES	18.6"
J (MINIMO)	M	10.15
	PIES	35.5"
J (MAXIMO)	M	18.25
	PIES	33.6"
K (MINIMO)	M	2.51
	PIES	8.3"
K (MAXIMO)	M	2.54
	PIES	8.4"

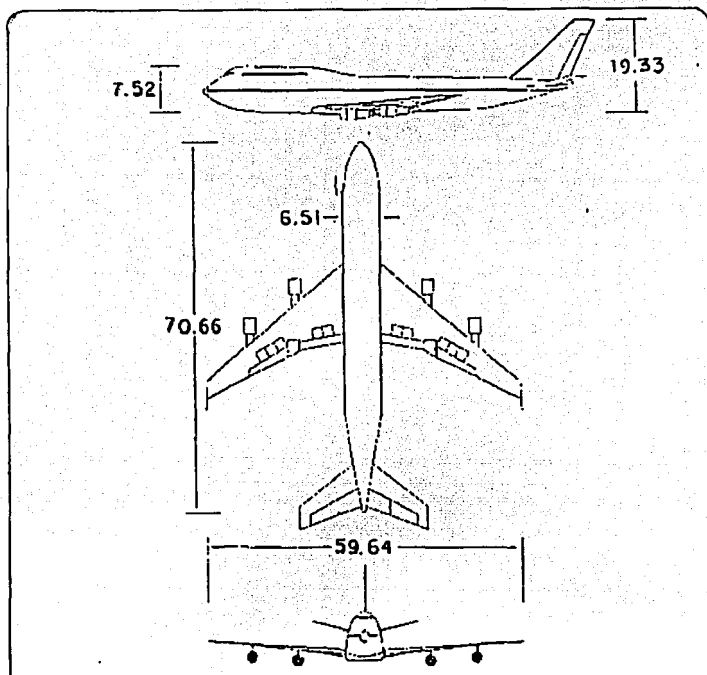


## DIMENSIONES GENERALES

AVION BOEING 727

Diagrama obtenido de XXV curso Internacional de ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A. y U.N.A.M. 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## AERONAVE

marca	modelo	denominacion comercial	n. de plazas
boeing	747-300		624

## MOTORES

## LIMITES DE VELOCIDAD

marca	modelo	potencia Hp	maniobra (Km /hr)	cruceiro (Km /hr)
Pratt & Whitney	JT9D-7R 462			939

## PESO MAXIMO KSG

## CAPACIDADES

despegue	aterrizaje	carga o equipaje kgs	combustible lts.	techo de servicio mts	alcance km
362875	260360	68492			10463

Diagrama obtenido de XXV curso Internacional de ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A. y U.N.A.M. 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MODELO DE AVION	CLAVE	longitud máxima de pista	divergencia en metros.	ancho del tren principal en m.	longitud en m.	altura de bola en m.
MCDONNELL DOUGLAS DC-9-20	3C	1551	28.5	6.0	—	—
FOKKER F27 - 500	3C	1670	23.0	7.5	—	—
FOKKER F27 - 600	3C	1670	29.0	7.8	—	—
FOKKER F28 - 3000	3C	1640	25.1	5.8	—	—
FOKKER F28 - 4000	3C	1640	25.1	5.6	—	—
FOKKER F28 - 6000	3C	1400	25.1	5.6	—	—
BUFFALO DHC - 50	30	1471	29.3	10.2	—	—
AIRBUS A300 B2	30	1676	44.6	10.9	—	—
BAC 1-11-200	4C	1884	27.0	5.2	—	—
BAC 1-11-300	4C	2484	27.0	5.2	—	—
BAC 1-11-400	4C	2470	27.0	5.2	—	—
BAC 1-11-475	4C	2286	28.5	5.4	—	—
BAC 1-11-500	4C	2408	28.5	5.2	—	—
BOEING B-727-100	4C	2502	32.9	6.9	40.5	10.1
BOEING B-727-200	4C	3176	32.9	6.9	48.6	10.0
BOEING B-737-100	4C	2493	28.4	6.4	28.5	11.1
BOEING B-737-200	4C	2295	26.4	6.4	30.4	11.1
BOEING B-737 ADVANCED 200	4C	2707	28.4	6.4	—	—
AEROSPATIALE CARAVELLE 12	4C	2605	34.3	5.9	—	—
CONCORDE	4C	3408	25.5	8.8	—	—
MCDONNELL DOUGLAS DC-9-10	4C	1975	27.2	5.9	31.8	9.3
MCDONNELL DOUGLAS DC-9-30	4C	2134	26.5	6.0	36.3	8.3
MCDONNELL DOUGLAS DC-9-40	4C	2091	26.5	5.9	36.2	8.5
MCDONNELL DOUGLAS DC-9-50	4C	2451	28.5	5.9	—	—
MCDONNELL DOUGLAS DC-9-80	4C	2195	32.9	5.2	—	—
HAWKER SIDDELEY TRIDENT 1C	4C	2590	29.0	7.3	—	—
HAWKER SIDDELEY TRIDENT 2C	4C	2785	29.0	7.3	—	—
HAWKER SIDDELEY TRIDENT 3	4C	2675	29.0	7.5	—	—
VISCOUNT 800	4C	1859	28.6	7.9	—	—

Tabla obtenida de XXV Curso de Ingeniería de Aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A. y .N.A.M., 1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MODELO DE AVIÓN	CLAVE	LONGITUD MAXIMA DE PISTA EN M.	ENVERGA DURA EN M.	ANCHO DEL TREN PRINIPAL EN M.	LONGITUD EN M.	ALTURA DE COLA EN M.
AIRBUS A310	4D	1845	43.9	10.0		
AIRBUS A300 B4	4D	2605	44.8	10.9		
BOEING B-707-100	4D	2454	39.9	7.9	44.2	12.6
BOEING B-707- ADVANCED-100	4D	3206	39.9	2.9		
BOEING B-707-200	4D	2697	39.9	7.9		
BOEING B-707-300	4D	3088	44.4	7.9	46.6	12.7
BOEING B-707-400	4D	3277	44.4	7.9		
BOEING B-720	4D	1981	39.9	7.5	41.5	12.3
BOEING B-757-200	4D	2057	38.0	8.7		
BOEING B-767-200	4D	1981	47.6	10.8		
CANADAIR CL-44D-4	4D	2240	43.4	10.5		
CONVAIR 880	4D	2652	36.6	6.6		
CONVAIR 880 M	4D	2316	36.6	6.6		
CONVAIR 990-30-5	4D	2788	36.6	7.1		
CONVAIR 990-30-6	4D	2956	36.6	7.1		
MCDONELL	4D	2947	43.4	7.5	45.9	1.8
DOUGLAS DC-8-43						
MCDONELL	4D	3048	43.4	7.5	45.9	12.8
DOUGLAS DC-8-55						
MCDONELL	4D	3048	43.4	7.5	45.9	12.8
DOUGLAS DC-8-61						
MCDONELL	4D	3179	45.2	7.6	57.1	12.7
DOUGLAS DC-8-63						
MCDONELL	4D	3200	47.4	12.6	51.9	17.7
DOUGLAS DC-10-10						
MCDONELL	4D	3170	50.4	12.6	51.9	17.7
DOUGLAS DC-10 30						
MCDONELL	4D	3124	50.4	12.6		
DOUGLAS DC-10-40						
ILYUSHIN IL-18V	4D	1980	37.4	9.9		
ILYUSHIN IL-62M	4D	3280	43	8.0		
LOCKHEED L-100-20	4D	1829	40.8	4.9	32.3	6.6
LOCKHEED L-100-30	4D	1829	40.4	4.9		
LOCKHEED L-188	4D	2066	30.2	10.5		
LOCKHEED L-1011-1	4D	2426	47.3	12.8	54.4	6.8
LOCKHEED L-1011-20	4D	2469	47.3	12.8		
LOCKHEED L-1011-50	4D	2844	47.3	1.8		
TUPOLEV TU-13-4A	4D	2400	29.0	10.3		
TUPOLEV TU-154	4D	2160	37.6	12.4		
BOEING B-747-100	4E	3060	59.6	12.4	70.4	19.5
BOEING B-747-200	4E	3150	59.6	12.4	70.6	18.3
BOEING B-747-SR	4E	1860	59.6	12.4	85.9	24.3
BOEING B-747-SP	4E	2710	59.6	12.4	56.3	20.0
						5.6

Tabla obtenida de XXV curso Internacional de Ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A., y U.N.A.M. 1997.

## **Procedimientos Operacionales.**

El control del aspecto aéreo para cualquier aeropuerto depende de dos tipos básicos de reglas de vuelo:

1º- Visual (VFR).

2º- Por instrumentos (IFR).

La primera se aplica cuando las condiciones meteorológicas permiten que la separación entre aeronaves se realice por medios visuales; y la segunda, cuando la separación entre aeronaves es responsabilidad de un centro de control de tráfico aéreo.

## **Radio Ayudas para la Navegación.**

Las radio ayudas se clasifican en dos grandes grupos:

Externas.- Cuando se localizan en tierra.

Internas.- Cuando están instaladas en la propia aeronave.

### **Radio Ayudas Externas.**

Las radio ayudas externas las constituyen los siguientes equipos:

Radio Faro no Direccional.- Es un equipo de baja frecuencia ó frecuencia media y un sistema de antenas.

Radiofaro Omnidireccional de muy Alta Frecuencia.- Son estaciones que emiten señales de radio a través de 360º.

Radar.- Su función principal es la de proporcionar a los controladores de vuelo, por medio de una pantalla, la posición, distancia y rumbo de las aeronaves, para realizar el control del tránsito aéreo conveniente. El radar se clasifica en dos categorías:

º- Radar Primario.

2º- Radar Secundario.

## **Radio Ayudas en el Area Terminal.**

Cuando los aterrizajes de las aeronaves se vayan a efectuar bajo condiciones meteorológicas adversas, provocando que la visibilidad sea pobre ó nula, será necesario implementar sistemas que permitan efectuar operaciones aéreas dentro de ciertos límites de seguridad. Para esto se cuenta con los siguientes equipos:

**Sistemas de Aproximación por Instrumentos.-** Este sistema consiste en dos radiotransmisores, uno que el localizador indica a los pilotos si se encuentran a la derecha ó a la izquierda del alineamiento correcto con respecto al eje de la pista, y el segundo su trayectoria de plano.

Las antenas y el equipo transmisor del localizador se situarán en la prolongación del eje de la pista, a su izquierda en la parte opuesta a donde se va a efectuar la aproximación. La distancia a la que se encontrarán las antenas del final de la pista será de aproximadamente 1000 pies. El equipo emisor se situará normalmente a la izquierda de la pista a una distancia de aproximadamente 300 pies.

Como complemento de este sistema, se instalan radiobalizas, cuya función primordial es la de informar al piloto de la aeronave la distancia a que se encuentra con respecto al punto de contacto.

## **Señalamiento Horizontal y Vertical no Luminoso Para Pistas, Rodajes y Plataformas.**

Para poder desplazarse la aeronave en la pista, calles de rodaje y plataforma, el piloto deberá de seguir un señalamiento horizontal y vertical, luminoso, diseñado y proyectado de tal manera que esta operación sea segura y eficiente.

### **Señalamiento Horizontal.**

El señalamiento del tipo horizontal se utiliza en la pista, calles de rodaje y plataformas, debiendo estar constituidos por los colores blanco y amarillo; más no así en el señalamiento del borde de plataforma que es de color rojo.



A continuación se indican los diferentes tipos de señalamiento horizontal:

- 1°- Señal designada de pista.
- 2°- Señal de eje de pista.
- 3°- Señal de umbral.
- 4°- Señal de distancia fija.
- 5°- Señal de zona de toma de contacto.
- 6°- Señal de faja lateral de pista.
- 7°- Señal de eje de calle de rodaje.
- 8°- Señal de punto de espera en calle rodaje.
- 9°- Señal de intersección de calles de rodaje.
- 10°- Señal del punto de verificación VOR en el aeropuerto.
- 11°- Señales de plataforma como son las líneas de entrada, viraje y salida.
- 12°- Señal de borde de plataforma.

#### Señalamiento Vertical.

El señalamiento vertical que se utiliza para un aeropuerto es por medio de letreros, los cuales proporcionan al piloto de la aeronave diferentes tipos de información. Estos letreros se clasifican de la siguiente forma:

- 1°- Letreros obligatorios.
- 2°- Letreros informativos.

Donde el primero, el letrero comunica una instrucción que debe de acatar el piloto. Y el segundo es para cuando se ordena alguna maniobra ó para cierta información.

Para todo letrero de la información su inscripción deberá ser de color amarillo sobre fondo negro, ó viceversa. Cuando los letreros de información se vayan a utilizar de noche, estos deberán estar iluminados en forma interna ó externa; ó en su caso estarán revestidos de material reflejante.

Los letreros de SITUACION se emplean para indicar ciertos puntos determinados del aeropuerto, tales como:

- 1°- Los extremos de las pistas.
- 2°- Las intersecciones de las calles de rodaje con la pista.

ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA

### 3°- Las intersecciones entre calles de rodaje.

Los letreros de PUNTO DE DESTINO se utilizan para indicar la dirección que deberá de seguir la aeronave, para llegar a determinado lugar. Estos letreros incluyen la dirección hacia:

1°- Pistas.

2°- Plataformas.

3°- Calles de rodaje.

4°- Terminales.

## PROYECTO GEOMETRICO.

Se menciona que el proyecto geométrico de las rasantes que integran la zona aeronáutica del aeropuerto, consiste en determinar el alineamiento vertical del eje de la pista, calles de rodaje, plataformas de operación, y caminos de acceso, principalmente, basándose en normas establecidas para pendientes longitudinales.

Las pendientes ó perfiles longitudinales de terreno natural que corresponde a los ejes de pista, calles de rodaje y caminos, se establecerán según cálculos previamente realizados. El establecimiento de las rasantes definitivas, comenzarán primero por la pista principal, teniendo en cuenta que los movimientos de tierras deberán ser lo mínimo posible, considerando a la vez que los volúmenes de despalme y terraplenes se deberán de llevar a cabo en forma económica.

### Desmonte.

El desmonte es la actividad de derribar arboles, quitar arbustos, demoler edificaciones, etc., en una determinada área. Por esta razón cuando se va a construir un nuevo aeropuerto ó se va a edificar determinado elemento dentro de un emplazamiento existente, se deberá de preparar el terreno.

### Despalme.

Después del desmonte del terreno, la segunda labor para la construcción de las nuevas instalaciones, se lleva a cabo la actividad de despalme, que es la remoción de la capa vegetal de la superficie que por lo general contiene raíces y material vegetal. Este material no puede ser aprovechado como relleno para terraplenes, por carecer de estabilidad, pero si se podrá emplear sobre la superficie de las franjas de seguridad, taludes de caminos, extendiéndola en capas para hacer crecer el césped y además plantas estabilizadoras.

### Rasantes.

Para hacer económica la obra de construcción de las rasantes que integrarán al nuevo aeropuerto, estas se deberán de diseñar y proyectar basándose en la configuración del terreno natural en su sentido longitudinal y transversal; tomando en cuenta las pendientes que facilitarán, el drenaje del agua pluvial y la minimización del volumen de terracerías.

Una pista podrá tener una rasante ideal, cuando su pendiente longitudinal sea cero. Pero por razones económicas esto no puede llevarse a cabo.

Las pendientes que deben existir para las plataformas no deberá de exceder del 0.5% en cualquiera de sus sentidos. Esto es con la finalidad de poder abastecer los tanques de combustible de las aeronaves al 100% de su capacidad.

En lo referente a las franjas de seguridad, sus pendientes longitudinales variarán de acuerdo a la clasificación de la pista, como se indica a continuación:

Clave de pista A ó B: 2%.

Clave de pista C: 1.75%.

Clave de pista D: 1.5%.

Transiciones.

Se menciona que la transición de una superficie, es el cambio de pendiente en forma gradual del lugar donde se lleva a cabo el cruce ó reunión de pistas con calles de rodaje, etc., esto es con el fin de evitar depresiones ó topes que hagan peligroso el movimiento de las aeronaves, y que bien podrían ocasionar molestias a los pasajeros.

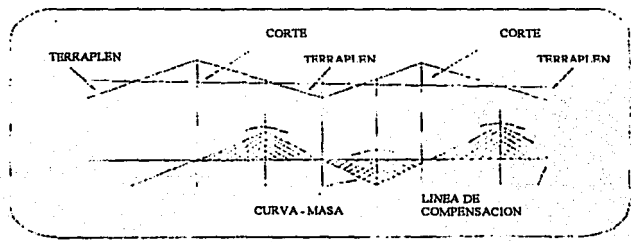
Perfil Longitudinal.

El perfil longitudinal es la fase final del proyecto geométrico del nuevo aeropuerto a construir, por ser la elaboración de planos respectivos indicando con cantidades de obra y de movimiento de materiales.

Curva - Masa.

La curva - masa es la línea que une las ordenadas representadas por las resultantes de las sumas algebraicas sucesivas de los volúmenes de terracerías, tomando en cuenta que los cortes son positivos, los terraplenes negativos, y las abscisas como las distancias en unidades de estaciones de 20 m.

La curva - masa se utiliza para distribuir económicamente los volúmenes de terracería.



CURVA - MASA

Diagrama obtenido de XXV curso Internacional de ingeniería de aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez, A.S.A. y U.N.A.M. 1997.

## PROYECTO DE DRENAJE.

### Introducción.

Se menciona que los volúmenes del tránsito y las características de las aeronaves que atienden los modernos aeropuertos, requieren de condiciones de operación que garanticen la máxima seguridad y eficiencia en el servicio que se presta. Para lograrlas es indispensable, entre otras cosas, que el aeropuerto cuente con un sistema de drenaje capaz de desalojar eficientemente los caudales pluviales que se captan dentro de sus límites, encausar adecuadamente sus propios escurrimientos e impedir la afluencia de aguas ajenas al aeropuerto. Esto involucra la solución de los siguientes cuatro problemas principales:

1º- El agua de lluvia que cae sobre los elementos del aeropuerto y sus zonas adyacentes debe captarse y eliminarse rápidamente para evitar inundaciones ó daños a las instalaciones.

2º- Los cauces naturales deben cruzarse sin obstruirlos, ó bien, interceptarlos desviándolos convenientemente.

3º- Deben evitarse inundaciones en el área del aeropuerto, provocadas por desbordamientos de cauces naturales ó artificiales, construyendo las obras de protección que se requieran.

4º- Debe captarse y eliminarse el agua infiltrada en los pavimentos, para evitar modificaciones en el comportamiento estructural de los materiales que los constituyen.

Con un drenaje deficiente el agua propicia condiciones de operación tan inseguras que pueden poner en peligro la seguridad de los usuarios; ó daña, a veces en forma irreversible, las instalaciones del aeropuerto.

Algunas de las consecuencias de no desalojar rápidamente el agua, son las siguientes:

➤ La existencia de encharcamientos sobre los pavimentos de los elementos de operación terrestre, puede producir el "acuaplano" de los aviones al circular en alta velocidad, con el riesgo de que la tripulación pierda el control de la aeronave y se provoque un accidente.

- La presencia prolongada del agua sobre los pavimentos asfálticos, contribuye a acelerar su envejecimiento, y origina la aparición de grietas y baches, ó cuando menos, altera su textura superficial.
- Mientras el agua permanezca más tiempo sobre los pavimentos, y/o existan más grietas ó baches, se facilitará la infiltración a las capas inferiores, las que al saturarse pueden llegar a la falla estructural, manifestando deformaciones importantes en la superficie de rodamiento.
- Las alteraciones producidas por el agua en la capa de rodamiento por estas dos consecuencias, hacen que los aviones vibren demasiado al circular en alta velocidad, dificultando la lectura de los instrumentos de control, que pueden afectarse con el movimiento excesivo. Asimismo, esas alteraciones pueden llegar a dañar los neumáticos y el tren de aterrizaje, e incomodar a los usuarios.
- Los espejos de agua debidos a encharcamientos ó inundaciones en las inmediaciones del aeropuerto, pueden producir reflejos indeseables ó facilitar la formación de neblina, que afecten la visibilidad a las tripulaciones. Estos espejos también fomentan la presencia de aves que interfieran en la operación de los aviones.

Estas consecuencias son sólo algunas de las más importantes y ponen de manifiesto la influencia que un sistema de drenaje eficiente tiene en la seguridad del aeropuerto.

#### Planteamiento del Problema.

Con el propósito de lograr las mejores soluciones a los problemas de drenaje que originará la construcción de un nuevo aeropuerto, es preciso conocer detalladamente el funcionamiento hidráulico del área donde se construirá, no sólo dentro de los límites del predio para él destinado, sino en forma regional, ya que las obras de drenaje que se proyecten deben garantizar la eficiencia del sistema sin alterar el funcionamiento hidráulico fuera de sus límites, por lo que habrá que realizar conexiones efectivas entre el drenaje interior y el exterior.

En ocasiones, los sitios donde se descargan los caudales del aeropuerto tienen condiciones que evitan el desalojo rápido del agua, haciéndose necesarios cárcamos, plantas de bombeo, bordos de protección y estructuras especiales de control.

Si en el proyecto no se considera el funcionamiento hidráulico de la región, pueden ocasionarse alteraciones que atenten contra la ecología local, dañen instalaciones y construcciones ajenas al aeropuerto, ó provoquen efectos nocivos en poblados vecinos.

Es muy importante conocer el funcionamiento hidráulico, tanto en el interior del predio del aeropuerto como en la región donde éste se ubique. Dicho conocimiento se obtendrá mediante un estudio hidrológico, que infiera las intensidades de las precipitaciones y los picos de escurrimiento para diferentes períodos de retorno, con el propósito de determinar los gastos máximos que han de considerarse en el proyecto.

Puede decirse que:

“El proyecto del sistema de drenaje de un aeropuerto es el diseño hidráulico, geométrico y estructural de todos los componentes del sistema, con base en el funcionamiento hidráulico de la región y tomando en cuenta las características de los elementos del aeropuerto”.\*

Al hacer el proyecto se buscará diseñar un sistema de drenaje que funcione con un mínimo de mantenimiento, procurando que el monto de la inversión sea acorde con la protección que se desea proporcionar y que el sistema sea adaptable a futuras ampliaciones, por lo que se apoyará en el Plan Maestro correspondiente.

Se menciona que para definir la problemática que se presentará al proyectar un aeropuerto, es necesario, entre otras cosas, lo siguiente:

- 1°- Trazar en un plano topográfico de la región los escurrimientos superficiales, las zonas bajas y las canalizaciones que existan.
- 2°- Delimitar en el mismo plano las cuencas que aporten caudales a los cauces ó canalizaciones existentes, de interés para el proyecto.
- 3°- Mediante un estudio hidrológico, determinar las intensidades de precipitación para cada cuenca y obtener los gastos máximos de cada cauce ó canalización, para diferentes períodos de retorno.

(XXVII Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, Modulo II, Proyecto de Aeropuertos, Ing. Alfonso Mauricio Elizondo Ramírez, 1999. S.C.T. y U.N.A.M.).

4º- Estimar los volúmenes de depósito ó acumulación posibles en el área del aeropuerto y en sus cercanías.

Con esta información será posible determinar los tipos y ubicaciones de las obras de drenaje requeridas para el sistema en proyecto.

En la práctica mexicana, las estructuras más usuales son los canales y las alcantarillas; pero existen muchas otras estructuras menos comunes necesarias para solucionar problemas específicos, tales como los cárcamos, bordos de protección y plantas de bombeo; así como colectores, pozos de absorción, estructuras de control, sistemas de subdrenaje, etc., y obras complementarias como bordillos, cunetas y lavaderos, entre otros.

#### Estudio Hidrológico.

Se menciona que el estudio hidrológico es la base en que se apoyará el proyecto del sistema de drenaje del aeropuerto, pues definirá el funcionamiento hidráulico de la región y por lo tanto los problemas que se generarán al construirlo, que habrán de resolverse mediante el proyecto, de ahí la importancia que este estudio tiene para lograr las soluciones óptimas.

El estudio debe "inferir" las alturas de precipitación totales al término de los fenómenos en todas las cuencas que afecten al aeropuerto, y estimar los valores representativos de cada cuenca; así mismo debe determinar la frecuencia y naturaleza de los escurrimientos superficiales, que serán de utilidad para el diseño del sistema.

Para lograrlo, las tormentas deben estudiarse estadísticamente a partir de datos obtenidos en estaciones meteorológicas, instaladas preferentemente dentro del predio donde se construirá el aeropuerto, pero puede emplearse información de estaciones ubicadas fuera, e incluso en cuencas diferentes a las afectadas directamente, siempre con las reservas del caso y cuando pertenezcan a la misma región climática.



### Concepción del Sistema de Drenaje.

Una vez que se tenga definido el funcionamiento hidráulico de la región donde se construirá el aeropuerto, y conocidas las características geométricas de cada uno de sus elementos, se está en posibilidad de determinar el sistema de drenaje correspondiente.

Se menciona que el primer paso consiste en dibujar sobre un plano topográfico del área, todos los elementos de operación terrestre que integrarán el aeropuerto, con sus características geométricas, en sus alineamientos horizontales y verticales para determinar las zonas de corte y terraplén, así como los sitios donde se interceptarán ó cruzarán los cauces naturales, para estar en posibilidad de proponer los elementos de drenaje que se requieran.

El alineamiento vertical establecido en el proyecto geométrico de cada uno de los elementos de operación terrestre, que en México se expresa mediante los "planos de transiciones", se diseña tomando en cuenta que el agua de lluvia debe desalojarse oportunamente, por lo que es común que los ejes de esos elementos constituyan parteaguas, enviando el escurrimiento hacia fuera de ellos. Si estos elementos se ubican en terraplén, el agua caerá hasta el terreno, abandonándolos rápidamente; mientras que si se alojan en cortes, el agua escurrirá entre su orilla y los taludes, pudiendo invadir las franjas de seguridad, con los consecuentes daños a la estructura y riesgos en la operación, por lo que, para evitarlo, se requiere habilitar elementos que capten el agua y la conduzcan a las zonas donde no produzcan daños.

### Alcantarillas.

Las alcantarillas son los elementos de drenaje que se emplean para que el caudal de un cauce natural ó de un canal, cruce por debajo de un elemento de operación terrestre, como es una pista, un rodaje ó un camino.

### Diseño Hidráulico de Alcantarillas.

El diseño hidráulico de una alcantarilla depende del gasto pico, de la pendiente, de los materiales con los que se pretenda construirla, de la geometría de entrada, etc.

Generalmente se diseñan parcialmente llenas, es decir, a superficie libre, de manera que operen como un canal, con un tirante máximo ( $d_{\text{máx}}$ ) de 80% de su altura ó de su diámetro (D), por lo que los criterios aplicados para el diseño hidráulico de canales son válidos para las alcantarillas.

### Drenaje de Pista.

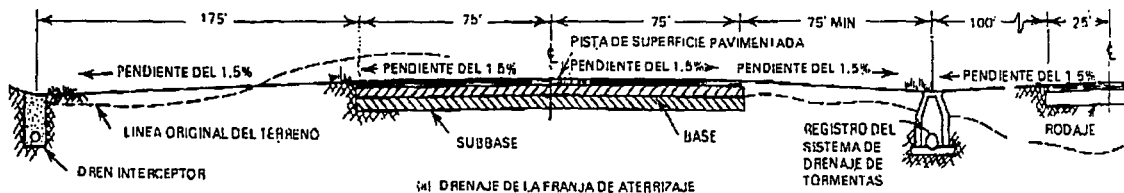
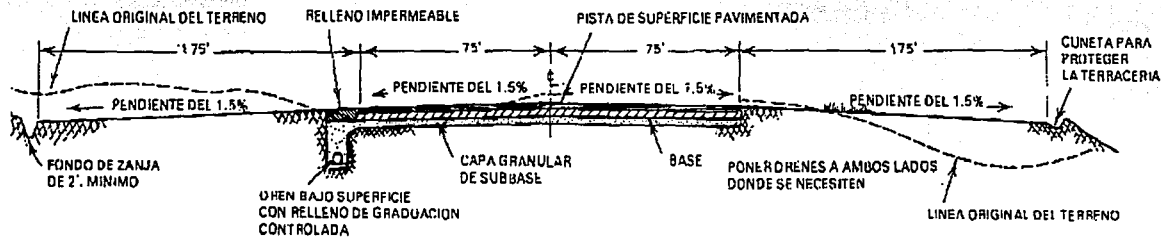
Se menciona que el drenaje con que contará la pista, comúnmente se utilizarán zanjas ó canales de interceptación paralelos en ambos extremos, pero fuera de las franjas de seguridad y con sus ejes localizados a una distancia mayor ó igual a 150 mts. Del eje de la pista con clave 1 ó 2 (ancho de pista entre 18 y 30 mts.).

Las zanjas deberán de conducir a los caudales pluviales hasta afuera del área del aeropuerto, considerando las pendientes longitudinales del terreno natural, las intersecciones de calles de rodaje ó las propias pistas, donde será necesario el uso de algún tipo de alcantarilla.

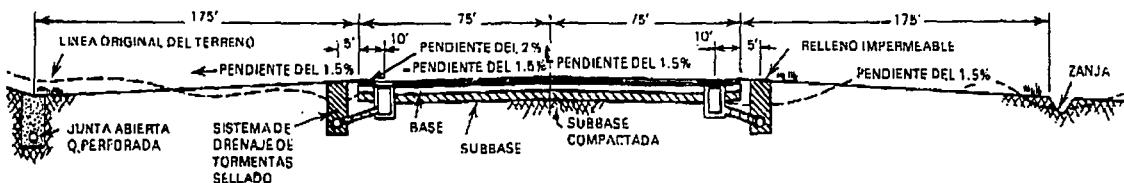
La sección transversal de la zanja ó canal de desalajo de aguas pluviales puede ser triangular con una pendiente transversal de franja de seguridad no mayor al 5%. Estas zanjas deberán de conectarse a un emisor el cual descargará hacia el exterior del emplazamiento, no interfiriendo con los escurrimientos del cauce natural del agua.

Cuando el aeropuerto vaya a ser construido en una zona baja y esté expuesto a inundaciones provenientes del exterior, habrá necesidad de proyectar bordes perimetrales para su protección.

DIAGRAMA OBTENIDO DE: MANUAL DEL INGENIERO CIVIL, FREDERICK S. MERRITT, VOLUMEN III, EDITORIAL MC GRAW HILL, 1986.



(a) DRENAJE DE LA FRANJA DE ATERRIZAJE



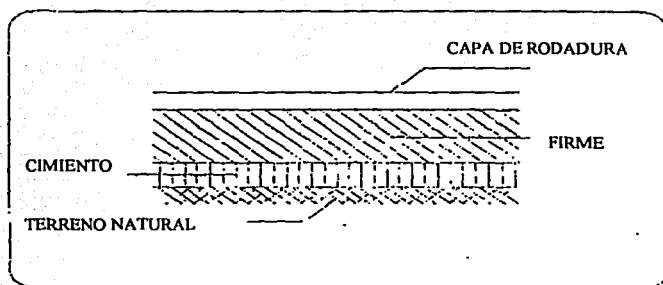
(b) DRENAJE DE LA FRANJA DE ATERRIZAJE CON DREN VERTEDOR

Típicas secciones transversales de pista. (Federal Aviation Administration.)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## PAVIMENTOS.

Se menciona que un pavimento es la superestructura de las superficies de rodamiento, la cual está constituida por un sistema de capas múltiples, cuya función primordial es la de permitir la operación de las aeronaves a la velocidad de aterrizaje, circulación y despegue. Esta superestructura se deberá de apoyar sobre una capa fundamental denominada capa subrasante, la que a su vez se desplanta sobre las camaras de los cortes ó sobre terraplenes (terracerías).



**PAVIMENTO**

Diagrama obtenido de: XXV Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez. A.S.A y U.N.A.M. 1997

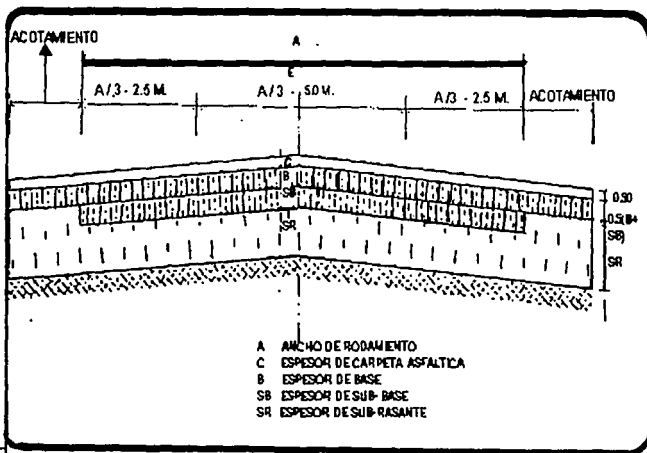
La estructura del pavimento se clasifica en dos tipos:

- 1°- Pavimento asfáltico.
- 2°- Pavimento de concreto.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## Pavimento Asfáltico.

El pavimento asfáltico ó sistema multicapa se conforma generalmente por una carpeta constituida de agregados pétreos, aglutinados con un producto asfáltico, una base y una sub-base. Las capas subyacentes a la carpeta asfáltica se constituirán de agregados pétreos (debidamente procesados, con calidad y densidad adecuada).



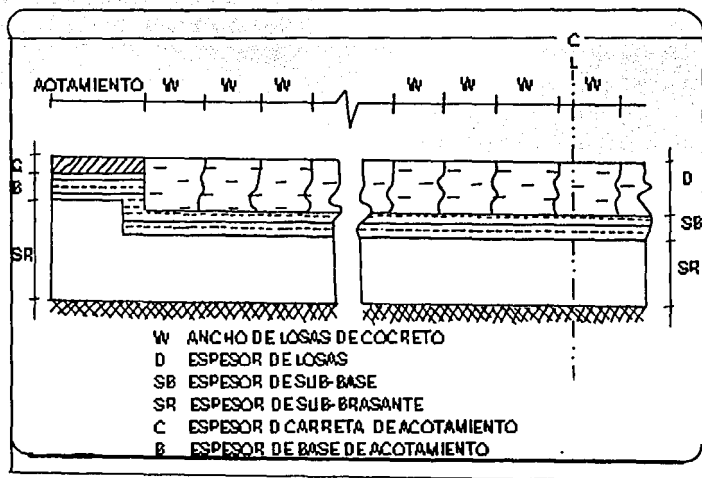
COMPONENTES DE UN PAVIMENTO ASFALTICO

Diagrama obtenido de: XXV Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez. A.S.A y U.N.A.M. 1997

## Pavimento de Concreto.

La estructuración de éste pavimento se obtiene mediante la construcción de losas de concreto (cemento portland) colocadas en el sitio, apoyadas sobre una sub-base. Las losas son elementos resistentes a la superficie de rodamiento para la aeronave. La sub-base es una capa de transición entre la rigidez de las losas y terracerías, a la vez que puede

funcionar como capa drenante controladora del bombeo de aguas pluviales, resistiendo la acción de las heladas y la contracción ó expansión de terracerías.



*SECCION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO DE CONCRETO*

Diagrama obtenido de: XXV Curso Internacional de Ingeniería de Aeropuertos, Ing. José Luis Baltazar Vélez. A.S.A y U.N.A.M. 1997

La elección del tipo de pavimentos depende en primer lugar de las condiciones del terreno natural y de la economía de la construcción; en segundo lugar, de las cargas a soportar, de la presión de los neumáticos de las aeronaves, de la intensidad del tránsito aéreo y del clima principalmente.

Generalmente los pavimentos asfálticos ó también llamados flexibles son los más apropiados para suelos granulares, como es la arena y la grava. Y los pavimentos de tipo rígidos se pueden emplear en suelos arcillosos ó blandos, por poder extender la carga en

gran parte de la superficie de los lugares expuestos a considerar cambios en el contenido de la humedad.

La ventaja de los pavimentos asfálticos con respecto a los de concreto, es que pueden aumentar la capacidad de carga con el total aprovechamiento de la parte construida y poder efectuar reparaciones con suma facilidad y economía.

### Tipos de Fallas.

Se menciona que la rotura ó falla del pavimento ocurre en ocasiones a causa de las vibraciones originadas por el ruido ó turbulencia de los reactores ó motores de las aeronaves, ó por el uso que ha sufrido la estructura y no se le ha dado mantenimiento adecuado y eficaz.

En los aeropuertos se distinguen dos tipos de fallas, que se clasifican en:

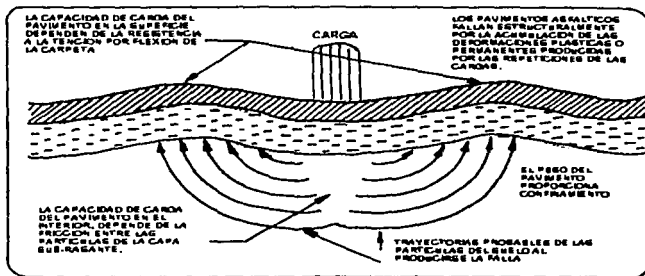
1º- Falla estructural.

2º- Falla funcional.

### Falla Estructural.

Esta falla es consecuencia del colapso de la estructura que presenta acumulaciones de deformaciones permanentes excesivas (falla plástica), ó por deformaciones elásticas intolerables (pavimento asfáltico), ó bien por la rotura de una ó más de las capas del pavimento de concreto; porque la estructura es incapaz de soportar cargas impuestas por el tránsito aéreo de las aeronaves.

A continuación se presenta el diagrama que representa estas fallas.



**FALLA ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ASFALTICO**

### **Falla Funcional.**

La falla funcional se presenta cuando la estructura de pavimento es incapaz de seguir cumpliendo con las funciones para las que fue proyectado. Esta falla se presenta antes que la estructural, debido a que deformaciones pequeñas permanentes originan irregularidades inconvenientes para la operación aeronáutica.

### **GEOMETRIA DEL AEROPUERTO.**

Se menciona que un factor muy importante para el diseño estructural de los pavimentos, es el de conocer la geometría del aeropuerto. Con esto será posible definir secciones estructurales de diferentes resistencias, dependiendo del área de rodamiento a proyectar, según el tránsito que tendrá el nuevo emplazamiento.

### **Selección.**

Un elemento delicado e importante dentro de la selección de la estructura de pavimentos es el análisis de selección para las diferentes áreas de rodamiento de las aeronaves. Esta decisión incidirá directamente en la economía de la obra. A continuación se indican los factores que se tomarán para la selección, los cuales se dividen en dos partes:

**Criterios de Comportamiento Estructural.-** Vida útil del aeropuerto, características mecánicas del subsuelo y de la terracería, factores ambientales, tránsito aéreo previsto, materiales disponibles, capacidad estructural, requerimientos de conservación.

**Criterios Económicos.-** Disponibilidad de fondos económicos, inversión inicial, análisis de construcción por etapas, costos de conservación contra costos de reconstrucción, condiciones de operación para el aeropuerto, interferencias con el tránsito aéreo, disponibilidad de materiales, niveles de seguridad en la superficie de rodamiento.

Se menciona que el tránsito aéreo es otro de los elementos importantes que intervienen en el diseño estructural de la pista. Este elemento lo integran los componentes:



- 1º- Peso total de la aeronave.
- 2º- Descarga por rueda de la aeronave.
- 3º- Cantidad y arreglos de los neumáticos de la aeronave.
- 4º- Presión de contacto de los neumáticos de la aeronave.
- 5º- Cantidad de reparaciones de las cargas de los neumáticos de la aeronave.
- 6º- Carga estática ó dinámica de la aeronave.
- 7º- La mezcla de las aeronaves que efectuarán sus operaciones en el nuevo aeropuerto.
- 8º- Tasa de crecimiento de las aeronaves.

## **GEOTECNIA.**

### Generalidades

La investigación del subsuelo tiene como finalidad averiguar el estado natural de un suelo de cimentación antes de la asignación a un predio de un tipo determinado de estructura o de un arreglo de ellas, para lo anterior se realizan en el sitio de interés una serie de sondeos profundos y pozos a cielo abierto.

Debido a lo heterogéneo y complejo del suelo se han ideado pruebas de campo y laboratorio que permiten obtener en forma aproximada valores y propiedades índice y mecánicas de los suelos y el espesor de los mismos. Estos datos permiten tener elementos de cálculo para conocer la capacidad de carga del suelo y el asentamiento que se producirá con lo que podrá dictaminarse la recomendación de la cimentación a emplear.

La exploración del suelo en campo puede realizarse de dos maneras:

- 1.- Exploración Directa
- 2.- Exploración Indirecta

En la Exploración Directa se obtienen muestras de suelo alteradas o inalteradas de las cuales se llevarán al laboratorio para su ensaye, mientras que en la Exploración Indirecta se obtienen las propiedades físicas del suelo a través de la propagación de ondas sísmicas, conducción de corriente eléctrica, propagación de ondas sónicas.

La Exploración Directa se recomienda para estudios del suelo donde se requiere únicamente tener un criterio general del suelo en el que se cimentara.

Los métodos de Exploración Indirecta nos permitirán conocer una porción más amplia del terreno.

Respecto al propósito con el que se toman las muestras, estas se dividen en muestras de inspección y muestras para el laboratorio. De las muestras de inspección solo se requiere que sean representativas. En cambio, las muestras destinadas a estudios de laboratorio deben llenar una serie de requisitos con respecto al tamaño, método de obtención, embarque, etc.

Tanto las muestras de inspección como las de laboratorio pueden ser inalteradas, cuando se toman todas las precauciones para procurar que la muestra esté en las mismas condiciones en que se encuentra en el terreno de donde procede y alteradas cuando se modifica básicamente su estructura sin cambios químicos. Las muestras de suelo alteradas pueden ser:

- a) Representativas: cuando han modificado su estructura, conservando sus componentes.
- b) No representativas: cuando además de haber modificado su estructura, han perdido alguno de sus componentes.

Para nuestro propósito, la Exploración Directa con cualquiera de los métodos expuestos es recomendable, por la rapidez en la obtención de las muestras y que requiere de equipo menos sofisticado, lo cual implica que sea más económico el estudio y se obtienen buenos resultados.

### **Pozos a cielo abierto**

Este sondeo es de los comúnmente empleados y recomendados para determinar las propiedades superficiales del subsuelo debido a que las muestras obtenidas son prácticamente inalteradas.

El método queda limitado principalmente al tipo de material y posición del nivel de agua freática, sin embargo si el nivel freático se encontrara antes de cumplir con los objetivos de esta investigación, esto no deberá considerarse como limitante de la profundidad del pozo, el cual deberá continuarse, aunque se requiera utilizar equipo de bombeo.

El procedimiento consiste en realizar excavaciones a cielo abierto de 0.8 m x 1.50 m y una profundidad tal que permita determinar las características de los depósitos superficiales (rellenos) y la profundidad a la que se tiene el N.A.F. (Nivel de Agua Freática); ahora bien si las condiciones de los taludes de la excavación lo permiten se profundiza hasta 2 ó 2.5 m, de lo contrario se ampliará la excavación si se considera conveniente.

El pozo debe realizarse con pico y pala, una vez hecha la excavación, en una de las paredes del pozo se va abriendo una ranura vertical de sección uniforme de la cual se obtiene una muestra cúbica de aproximadamente 25 cm de lado por 20 cm de profundidad, este trozo de suelo se empaca debidamente y se envía al laboratorio para su estudio. Si se detectan a simple vista varios estratos de suelo, se tomarán muestras de cada uno de ellos de la misma forma.

Es importante mencionar que la excavación y todos los trabajos realizados deberán estar supervisados por un ingeniero especialista en Mecánica de Suelos, para que ahí mismo realice sencillas pruebas de campo que determinen de manera preliminar el tipo de suelo y algunas de sus características como granulometría, plasticidad, entre otras.

La ubicación y número de pozos a realizar será en función del tamaño del predio del área que abarque la nueva construcción. Se deberá cuidar que la ubicación de los pozos sea tal que permita la mayor información con el mínimo costo y tiempo dependiendo de las condiciones antes citadas.

### **Sondeos con equipo mecánico**

Como parte principal del Estudio de Mecánica de Suelos, es conveniente realizar sondeos profundos en el sitio de interés. Por lo que se efectúan sondeos de tipo Exploratorio, ejecutados a profundidades variables entre 15 y 25 m de profundidad

### **Método de penetración estándar**

Con este método se obtiene principalmente muestras alteradas de suelo, la importancia y utilidad mayores de la prueba de penetración estándar radican en las

correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, sobre todo en arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) en arenas y el valor de la resistencia a la compresión simple ( $q_u$ ) en arcillas.

La prueba se realiza dejando caer un martillo que pesa 63.5 Kg sobre la barra de perforación, desde una altura de 76 cm. El número de golpes N necesarios para producir una penetración de 30 cm se considera la resistencia a la penetración.

Para considerar la falta de apoyo, los golpes de los primeros 15 cm de penetración no se toman en cuenta; los necesarios para aumentar la penetración de 15 a 45 cm. constituyen el valor de N.

En el caso de las arenas, los valores obtenidos de N son bastante seguros como para usarlos en el proyecto de las cimentaciones, en el caso de las arcillas plásticas, los valores de N deben tomarse con criterio pues no son tan dignos de crédito. A continuación se presenta una tabla que correlaciona el número de golpes con la compacidad relativa, en el caso de las arenas, y la consistencia, en el caso de las arcillas, según Terzaghi y Peck :

**Correlación entre la resistencia a la penetración y las propiedades de los suelos a partir de la prueba de penetración estándar**

ARENAS (BASTANTE SEGURAS)	
No. DE GOLPES POR 30 CM. N	COMPACIDAD RELATIVA
0 - 4	MUY SUELTA
5 - 10	SUELTA
11 - 30	MEDIA
31 - 50	COMPACTA
MAS DE 50	MUY COMPACTA

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

ARCILLAS (RELATIVAMENTE INSEGURA)	
No. DE GOLPES POR 30 CM. N	CONSISTENCIA
MENOS DE 2	MUY BLANDA
2 - 4	BLANDA
5 - 8	MEDIA
9 - 15	FIRME
15 - 30	MUY FIRME
MAS DE 30	DURA

Para conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo se realizan sondeos en el sitio de interés de tipo exploratorio a profundidades variables entre 15 y 25 m.

Para poder diseñar y proyectar en forma estructural los pavimentos del nuevo emplazamiento es primordial y esencial conocer el tipo de subsuelo sobre el que se va a cimentar, así como el de poder establecer las fuentes idóneas de materiales que se emplearán para su construcción.

Para esto en el sitio en donde se va a emplazar el nuevo aeropuerto en proyecto, se deberá realizar un estudio geotécnico de la región, un estudio topográfico, y si es posible un inventario de bancos de materiales que podrán ser empleados principalmente en las estructuras, antes de iniciar los estudios de campo. Todo esto con la finalidad de poder definir los procedimientos de construcción convenientes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

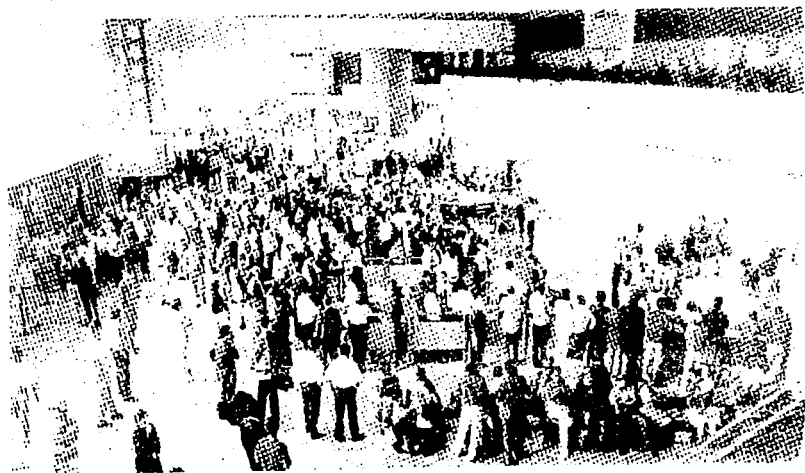
## PROYECTO ARQUITECTONICO.

Se menciona que el edificio terminal de un aeropuerto tiene como finalidad primordial el de permitir la transición de personas entre dos medios diferentes de transporte, en las mejores condiciones de comodidad, tiempo y economía.

Un aeropuerto por la necesidad de mantener a las aeronaves estacionadas en sus plataformas respectivas, por un tiempo mínimo, ocasionan la generación de lapsos muy cortos para el procesamiento de los pasajeros y sus respectivos equipajes, efectuando el fenómeno de las aglomeraciones principalmente en las horas pico ó críticas.

El emplazamiento que se encuentra retirado de la ciudad, y que presenta deficiencias en su transporte público, así como el uso excesivo del vehículo particular, ocasiona una población mayor a la prevista, por incluir además del usuario, acompañantes no esperados; por lo que las áreas diseñadas para atender una determinada cantidad de pasajeros, se ve incrementada, ocasionando que las áreas actuales no sean suficientes para atender la demanda.

Cuando los pasajeros que van a efectuar un viaje se presentan al aeropuerto con anticipación, con el objeto de realizar sus trámites de documentación y registro, agregando a esto la llegada anticipada de los usuarios en previsión de eventualidades en su trayecto, crean la necesidad de áreas mayores. Todo esto refleja la necesidad de crear un sistema que vaya a satisfacer las necesidades del edificio terminal a través de un programa del tipo arquitectónico.



**EDIFICIO TERMINAL**

Fotografía obtenida de la revista A.S.A., 1999

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Fotografía obtenida de la revista A.S.A., 1999 **EDIFICIO TERMINAL**

### Programa de necesidades.

Este programa debe de cubrir todos los crecimientos que se tienen previstos para el edificio terminal, según el horizonte de planeación especificado por el Plan Maestro del aeropuerto. El objetivo del programa es establecer mediante demandas a futuro, la capacidad de cada elemento que integran ó integrarán, para así poder evitar sobredimensionamientos ó subdimensionamientos.

Se menciona que el programa de necesidades debe contener lo siguiente:

- 1º- Crecimiento de la población que rodea ó rodeará al emplazamiento.
- 2º- Integración de una red aeroportuaria.
- 3º- Actualización de equipos técnicos tanto de tierra como de aire.
- 4º- Evaluación de los sistemas de control, manejo y seguridad para pasajeros ó usuarios, maletas y aeronaves, bandas transportadoras, tractores, etc.
- 5º- Aumento de la demanda en las horas pico no contempladas.
- 6º- Integración de nuevos conceptos en lo referente a la comercialización.

### Clasificación del Edificio Terminal.

Se menciona que la instalación más compleja de una zona aeroportuaria es el edificio terminal, el cual debe estar bien diseñado y proyectado para poder atender todas las actividades que se realizarán en su interior. La determinación del desarrollo de un área terminal depende de varios factores los cuales vendrán a atender la demanda esperada. Por eso es necesario establecer dentro del proyecto de construcción si el edificio es horizontal ó vertical, centralizado ó descentralizado.

### Edificio Horizontal.

Para poder establecer el desarrollo ó crecimiento horizontal de un edificio terminal es necesario considerar dentro del programa arquitectónico lo siguiente:

- 1º- Diseño de un nivel con posiciones de aeronaves de 1 a 5.



2º- Procesos de pasajeros en planta baja y alta, actividades complementarias en ambas plantas y/o sótanos, con posición de aeronaves de 3 a 10 en plataforma.

3º- Proceso de pasajeros en planta baja y alta con actividades complementarias en el tercer y cuarto nivel, así como el sótano, con plataforma con más de 10 posiciones.

#### Edificio Centralizado.

La característica del proceso centralizado del edificio terminal horizontal, es que la zona de documentación se encuentra al centro de la planta baja con sus servicios en ambos extremos.

#### Edificio Descentralizado.

Aquí la zona de documentación se encuentra a un lado del centro del edificio terminal horizontal.

#### Edificio Vertical.

Al determinarse la geometría del edificio terminal, existirán conceptos que a través del programa de necesidades arquitectónicas se integrarán de la mejor manera a la operación del aeropuerto. Estos conceptos serán fundamentales para el control, desarrollo y crecimiento del edificio terminal, principalmente si se está contemplando como un edificio vertical.

A continuación se indican algunos programas a considerar para este tipo de edificio:

1º- Programa arquitectónico para un nivel con crecimiento lento, con posiciones libres de estacionamiento en plataforma de 1 a 5.

2º- Programa arquitectónico de los niveles con crecimiento intermedio, con posiciones libres de estacionamiento en plataforma de 3 a 10.

3º- Programa arquitectónico de tres ó más niveles con crecimiento rápido, con posiciones libres de estacionamiento en plataforma de 10 a 18.

4º- Area de concesiones.

5º- Areas de oficinas y vestíbulos.

### Criterios de Diseño.

Dentro del concepto arquitectónico para el edificio terminal de un sistema aeroportuario, este debe de buscar la capacidad y eficiencia, simplificando y optimizando racionalmente todas las actividades que se desarrollarán en su interior. Buscando adecuar el uso del espacio asignado para hacer directo ó inmediato el tránsito de pasajeros y maletas a las aeronaves ó viceversa, además de concentrar los servicios para poder proporcionar una mayor fluidez y comodidad al usuario, así como a los prestadores de servicios, autoridades, administradores, etc.

Se menciona que para el diseño arquitectónico del edificio terminal, es necesario manejar esquemas de organización mediante los cuales se podrá controlar físicamente el flujo de pasajeros de llegada y salida, lo que construirá la esencia del proceso. Los elementos principales que integran al proceso de pasajeros son los siguientes:

- 1º- Area de documentación.
- 2º- Salas de última espera.
- 3- Areas de entrega de equipaje.
- 4º Area de concesiones.
- 5- Areas de oficinas y vestíbulos.

### Consideraciones.

Para poder llevar a cabo el diseño funcional, será necesario comprender las actividades que se realizan en el interior de cualquier edificio terminal. Para esto se deben de agrupar de la siguiente manera:

- 1º- Proceso de salida de los pasajeros nacionales.
- 2º- Proceso de salida de pasajeros internacionales.
- 3º- Proceso de llegada de pasajeros nacionales.
- 4º- Proceso de llegada de pasajeros internacionales.
- 5º- Actividades complementarias – público.
- 6º- Actividades complementarias – operación y proceso interno.

- 7º- Proceso de salida de pasajeros.
- 8º- Proceso de registro de equipaje y documentación.
- 9º- Manejo de equipaje.
- 10º- Sala de migración y seguridad.
- 11º- Proceso de llegada de pasajeros.
- 12º- Manejo exterior de equipaje.
- 13º- Salón oficial.
- 14º- Administración: Zona administrativa, Servicios generales.
- 15º- Servicios especiales: primeros auxilios, seguridad.

## **INSTALACIONES EXTERIORES.**

### **Combustibles.**

Las instalaciones de combustibles de un aeropuerto son un elemento muy importante dentro de la operación aeronáutica, principalmente para la realimentación de combustible a las aeronaves que lo requieran. Por eso dentro de la etapa de diseño y proyecto de un nuevo emplazamiento, se deberá indicar el sistema de alimentación de los depósitos a las aeronaves, capacidad en depósitos, y la forma de suministrarse desde el proveedor a las instalaciones aeroportuarias.

### **Sistema de Alimentación.**

Se menciona que toda instalación de combustibles para un aeropuerto debe de comprender:

- 1º- Sistema de alimentación de combustible al aeropuerto, el cual podrá ser por transporte terrestre, férreo y/o ductos.
- 2º- Sistema de almacenaje a granel constituido por un conjunto de depósitos metálicos, enterrados ó superficiales, alejados de la zona aeronáutica y ubicados a una distancia de tal manera que si existiera un percance no la afectaría.

3º- Sistema de conducción del combustible desde la zona de almacenaje a la zona de distribución, constituida por camiones cisternas, ductos y estaciones de bombas.

4º- Sistema de distribución de combustibles directamente por camiones cisterna ó autotanques, ductos y surtidores, alimentadores ó hidrantes

#### Suministro de Combustible.

El suministro de combustible a las aeronaves se hace normalmente en la plataforma de operaciones. Se puede llevar a cabo por medios continuos tales como los hidrantes, instalaciones de surtidores y mangueras, ó bien por medios discontinuos como son los camiones cisternas.

#### Calidad del Combustible.

Dentro del diseño y proyecto de las instalaciones para combustible, la forma de almacenaje de combustibles se deberá hacer de tal manera que se proteja la calidad del producto y se reduzcan al mínimo las pérdidas por evaporación, dilución, filtración y contaminación, tomando en cuenta las normas y especificaciones para la construcción de los depósitos.

#### Distribución de Almacenamiento.

Los tipos y tamaños de tanques de almacenamiento dependerán de la clase de combustible a almacenar, volatilidad, peligro de incendio, demanda de abastecimiento para las aeronaves, y situación de las instalaciones con relación al punto de origen del abastecimiento del proveedor.

La principal ventaja de los depósitos de almacenamiento enterrados, es la protección en caso de incendio, y por otra parte el cambio de temperatura que sufre sea baja, a la vez que las perdidas por oxidación sean mínimas.

Los depósitos de combustible deben ser instalados en un área específica, donde los tanques superficiales tendrán una separación no menor al diámetro de ellos mismos,

dejando una zona exterior despejada de 30 mts. para los de capacidad de 1500 m<sup>3</sup> , y 60 mts. para los de 8000 m<sup>3</sup>.

La separación entre tanques de almacenamiento enterrados deberá ser de por lo menos cuatro veces el diámetro de los depósitos, variando normalmente entre 40 y 60 mts. para los de capacidad menor de 2000 m<sup>3</sup>. Para mayores de 4000 m<sup>3</sup> se tomarán 60 mts.

Los pequeños depósitos de 50 y 100m<sup>3</sup> podrán colocarse en hileras, con separación de 60 mts. entre ejes, si están agrupados por parejas. Y 12 mts. si están en hileras continuas.

### **INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS.**

El objeto de diseñar y proyectar instalaciones hidráulicas y sanitarias del nuevo aeropuerto es el de proporcionar los medios adecuados tanto para el surtimiento de agua a todas las instalaciones que lo vayan a requerir, así como la eliminación adecuada de sus desechos, a través de redes subterráneas que las lleven fuera del emplazamiento.

#### **Aspectos Generales.**

Se menciona que los aspectos que se deben considerar para el surtimiento de agua a las instalaciones del nuevo aeropuerto son los siguientes:

- 1°- Seleccionar el abastecimiento de agua, donde intervendrá la captación, bombeo y construcción a un almacenamiento de regulación.
- 2°- Diseñar las instalaciones hidráulicas en todos los núcleos de la zona terminal.
- 3°- Diseñar las instalaciones para el drenaje.
- 4°- Diseño del tratamiento de aguas negras.
- 5°- Sección y suministro de equipos.

### Factores.

Se menciona que el emplazamiento debe de contar con una gran cantidad de agua, con la cual va a satisfacer las necesidades que se requieran en sus instalaciones, sin ocasionar problema alguno, a la vez que su calidad sea lo mejor posible. Por eso el diseño de las instalaciones hidráulicas debe de ser adecuado a las necesidades de operación establecidas.

Existen varias alternativas para poder abastecer la demanda del aeropuerto, tales como:

- 1°- Conectarse a la red urbana existente en el lugar.
- 2°- Captar el líquido de fuentes superficiales ó someras.
- 3°- Captar el agua de pozos profundos.

Establecida la fuente de abastecimiento, su ubicación topográfica, capacidad y calidad, el siguiente paso es indicar la forma de conducción desde ese lugar hasta el sistema de almacenamiento, el cual va a estar constituido por una cisterna enterrada, que servirá como regulador de las demandas solicitadas para los diferentes servicios del emplazamiento; para lo cual será necesario determinar los parámetros básicos de gasto y carga total, con el objetivo de calcular el equipo de bombeo más adecuado.

### Gastos de Diseño.

El gasto de diseño se calculará tomando en cuenta las necesidades de las instalaciones en su primera etapa de planeación, para eso existirán núcleos de demanda, tales como:

- 1°- Edificio terminal (aviación comercial y aviación general), torre de control, casa de máquinas, bodegas, oficinas de compañías aéreas , oficinas para autoridades, etc.
- 2°- Zona de hangares.
- 3°- Riego de jardines.
- 4°- Núcleos contra incendio.

### Almacenamiento.

La demanda requerida de agua para las diferentes instalaciones del aeropuerto, es de gran importancia para el cálculo de su almacenamiento. Esta demanda deberá estar dividida en dos:

La primera es basándose en el estacionamiento de volúmenes de demanda de las instalaciones, principalmente en las horas pico; y la segunda en caso de que exista algún incendio.

El volumen de almacenamiento en ningún caso deberá ser menor de un día de demanda, considerando que el depósito estará calculado como mínimo para tres días.

### Distribución.

La red hidráulica del aeropuerto deberá dividirse en dos distribuciones, la primera que será del agua, y la segunda para el riego de áreas verdes, con la restricción de que ninguna línea de conducción cuyo objeto sea abastecer a núcleos ó sistemas contra incendio, tenga derivaciones hacia otros usos diferentes, será necesario que el sistema sea lo más directo posible, con el fin de evitar pérdidas de carga considerables.

## INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS.

La importancia que tendrá el abastecimiento de energía eléctrica para todos los equipos y dispositivos del nuevo aeropuerto es un factor muy importante dentro de su proyecto ejecutivo completo.

Se menciona que la distribución de energía para el aeropuerto se realizará desde un lugar donde será recibida la acometida (receptora) y en donde estará localizado el equipo de medición y control. En éste lugar se derivarán los circuitos necesarios que abastecerán a los diversos centros de consumo, tales como:

1°- Edificio terminal (comercial y general).

2°- Ayudas visuales luminosas.

3°- Equipo de radio ayudas.

- 4º- Circuito de alta ó baja tensión para la zona de combustibles.
- 5º- Equipo de aire acondicionado.
- 6º- Alumbrado exterior (plataformas, estacionamientos, camino de acceso).

### Red de Distribución.

La red de distribución eléctrica es la liga conjunta de los diferentes equipos y dispositivos que hacen uso de ella para llevar a cabo algún tipo de trabajo, tal como iluminación, fuerza motriz, etc., esto a través de conductores que distribuyen la energía desde el punto de suministro, hasta el punto de utilización.

### Transformadores.

Son dispositivos eléctricos que forman la parte principal de una subestación eléctrica.

Su capacidad se calculará en base a la totalidad de carga ó demanda esperada de consumo que existirá en cada uno de los elementos que integrarán al nuevo aeropuerto.

### Subestación.

La subestación es un conjunto de aparatos y dispositivos eléctricos, que están interconectados entre sí, con la finalidad de convertir energía de ciertas características, a otras. Por lo que es necesario que existan varias subestaciones para los centros de consumo de los aeropuertos.

Se menciona que la capacidad de cada subestación dependerá de la suma total de las diversas cargas eléctricas que vaya a abastecer. Además dependerá de la categoría que tendrá el nuevo aeropuerto, y con bases técnicas se podrá determinar la cantidad de subestaciones que deberá tener al inicio de su operación.

A continuación se indican las diferentes subestaciones con que deberá de contar un aeropuerto:

- 1º- Luz de borde de pista.



- 2°- Luz de borde de rodaje y plataforma.
- 3°- Luz de umbral.
- 4°- Luz de eje de pista.
- 5°- Luz de eje de rodaje.
- 6°- Luz de zona de toma de contacto.
- 7°- Luz de sistema de aproximación.
- 8°- Faro giratorio.

#### Planta de Emergencia.

Como respaldo ó ayuda a las necesidades de consumo de energía eléctrica en forma normal de las instalaciones, es necesario que cuando exista una interrupción de este servicio, entre en funcionamiento una planta auxiliar ó de emergencia, la cual apoyará con su generación de energía eléctrica a los elementos más críticos del emplazamiento, tales como:

- 1°- Ayudas visuales.
- 2°- Equipo de iluminación de emergencia en edificios.
- 3°- Torre de control.
- 4°- Luces de iluminación en plataformas, pistas y calles de rodaje.
- 5°- Luces de obstrucción.

#### Ayudas Visuales Luminosas.

Las ayudas visuales en los aeropuertos son gracias a las instalaciones de faros y balizas luminosas de señalización, las cuales darán a los pilotos de las aeronaves que estén próximas a aterrizar, la confianza para poder efectuar esta operación.

#### Luces de Aproximación.

Se menciona que estas luces tienen el propósito fundamental de que en condiciones meteorológicas restringidas a una altura de 30 mts. (100 pies), un piloto con su aeronave

pueda hacer correcciones mínimas de elevación y descenso durante la operación de aproximación. Por lo que la razón de la existencia de un sistema de luces de aproximación y de pista, sea el de ayudar al piloto a decidir si puede efectuar ó no el aterrizaje en forma segura.

Este sistema de luces proporciona al piloto las siguientes características:

Información direccional.- La línea de eje proporciona guía para alinearse con la pista.

Información del plano horizontal.- Las barras transversales del sistema proporcionan la guía.

Información de distancia al umbral.- Está proporcionada por la longitud conocida del sistema y por la distancia también conocida desde la barra transversal del sistema ó por el de la línea de eje.

#### Localización e Identificación del Aeropuerto.

Se menciona que durante la aproximación visual al aeropuerto, su faro es el que lo localiza e identifica. Los faros son proyectores de alta intensidad que gira en torno a un eje vertical, mostrando alternadamente destellos verdes y blancos, ó en su caso solo destellos blancos.

Estos faros se localizan generalmente sobre las torres de control del aeropuerto.

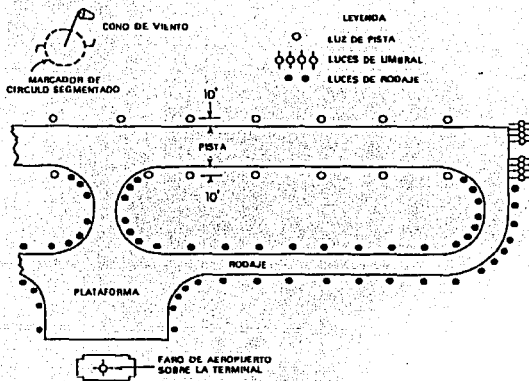
#### Sistema de Luces de Pista.

Se menciona que este sistema es instalado para proporcionar una guía visual durante todas las fases de cualquier operación (aproximación, toma de contacto, rodaje, estacionamiento ó despegue). Este sistema se clasifica en:

- 1°- Luces de borde de pista.
- 2°- Luces de umbral de pista.
- 3°- Luces de fin de pista.
- 4°- Luces de barra de ala.
- 5°- Luces de eje de pista.

6°- Luces de zona de toma de contacto.

7°- Luces de barra de parada.



Distribución básica del alumbrado aeroportuario.

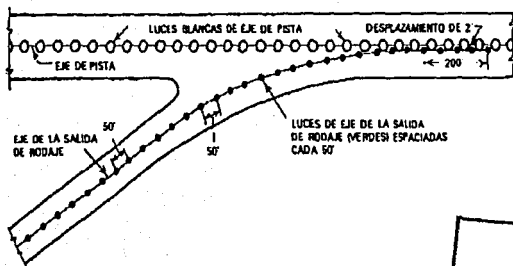
Dibujo obtenido de: Manual del Ingeniero Civil, Volumen III, Frederick S. Merritt, 1986.

### Luces de Calle de Rodaje.

Las calles de rodaje para indicar su ruta principalmente en la noche, emplean una serie de luces alojadas en sus bordes respectivos.

Estas luces son del tipo rasantes, son una guía para el rodaje, mas que las luces de borde, en condiciones de baja visibilidad. Se pueden instalar a cada 30 mts. (100 pies) en tramos rectos de las calles de rodaje. En rodajes la distancia es de acuerdo a los radios de curvatura y ángulos de las curvas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Alumbrado de una salida de rodaje de radio amplio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Dibujo obtenido de: Manual del Ingeniero Civil, Volumen III, Frederick S. Merritt, 1986.

#### Luces de Borde de Rodaje.

Son las luces del tipo elevado que emiten haz de color azul. Estas luces deben estar localizadas cuando menos a 3 mts. (10 pies) del borde del rodaje. En caso de que interfieran con el movimiento de las aeronaves en tierra se podrán instalar del tipo rasante.

#### Placas Señaladoras.

Estas señales pueden estar constituidas de un material reflejante ó iluminadas internamente, usándose inscripciones en blanco sobre fondo rojo cuando indique instrucciones obligatorias para los pilotos. Cuando sean del tipo informativas la inscripción será en amarillo sobre el fondo negro ó viceversa. Y cuando sean señales convencionales la inscripción deberá ser blanca con fondo verde.

### Guía de Despegue.

Se menciona que el piloto al efectuar el despegue de la aeronave desde su posición estable estará más cerca de las ayudas visuales que al aterrizar; por despegar con visibilidad horizontal interior a la del aterrizaje.

Las ayudas visuales que bien puede emplear el piloto al despegar son las siguientes:

- 1°- Luces de borde de pista.
- 2°- Luces de eje de pista.
- 3°- Luces de fin de pista.

### Luces de Obstrucción.

Se menciona que las luces rojas omnidireccionales se emplean para poder definir los límites vertical y horizontal de objetos que se consideran como obstrucciones para la navegación aérea. Para casos especiales los faros de peligro se pueden usar en lugar de las luces de obstrucción, por emitir destellos rojos en lapsos de 20 a 60 por minuto.

### Sistema PAPI.

Se menciona que es un sistema de ayuda visual luminosa que se utiliza en operaciones tanto diurnas como nocturnas. Este sistema está constituido por una barra de ala formada por cuatro elementos luminosos dobles ó múltiples (de dos a tres lamparas en cada gabinete) para transición definida, situados a intervalos iguales.

El sistema se coloca en el lado izquierdo de la pista en el sentido de la aproximación a 300 mts. del umbral. La barra se coloca en forma perpendicular a la pista instalando el primer gabinete a 15 mts. del borde de la misma, con separación de 9 mts. entre cada uno de los tres. Cada unidad proyecta un haz de luz dividido en su parte superior de color blanco y en su parte inferior de color rojo.

El haz luminoso tendrá como mínimo un ángulo de  $1^{\circ} 30'$  de amplitud, por encima y por debajo de la medida del sector de transición tanto de día como de noche, en azimut con el ángulo no menor a los  $10^{\circ}$  de día y no menor de  $15^{\circ}$  nocturnamente. Con tiempo

despejado el alcance visual efectivo será de por lo menos 7.4 km. Dentro de los ángulos mencionados anteriormente.

La intensidad luminosa será controlada de manera que dependiendo de las condiciones predominantes no se vaya a producir deslumbramientos para el piloto que este realizando ó vaya a realizar su aproximación.

## CONCLUSIONES.

Cierto es que la información contenida en este trabajo es muy teórica y a veces repetitiva, pero el desarrollo del tema referente a la planeación, proyecto y diseño de un aeropuerto así lo requiere.

En un principio se planteó el objetivo de realizar un trabajo de investigación que nos diera a conocer los datos y el proceso que se sigue para la realización del proyecto de planeación de un aeropuerto nuevo; lo cual fue posible, ya que se pudo conocer los procesos de planeación, los criterios que se toman en cuenta para el emplazamiento del aeropuerto, se pudieron conocer también algunas normas y recomendaciones para el diseño de pistas, calles de rodaje, plataformas, etc. de acuerdo a la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI).

La información obtenida y plasmada en este trabajo, contribuye en una forma muy sencilla y clara a tener una idea de los elementos básicos para el proyecto y diseño de un aeropuerto, permitiendo que cualquier persona interesada en conocerlos los entienda.

Tomando en cuenta lo anterior y desde mi muy particular punto de vista, pienso que los objetivos planteados inicialmente fueron cumplidos hasta donde fue posible.

Deseo expresar que muchos de los términos, conceptos y recomendaciones que aparecen en el presente trabajo; deben ser dignos de tomarse en cuenta a la hora de planificar, proyectar y diseñar un aeropuerto nuevo; si es que se quieren evitar problemas como los que se presentan en el Aeropuerto de la Ciudad de México, como es el caso de las inundaciones que se presentan año con año a causa de un deficiente sistema de drenaje y la ausencia de algún bordo de protección que lo proteja de las aguas pluviales de localidades vecinas.

Por último deseo expresar que la realización de este trabajo, fue una experiencia muy grata; y espero que las personas que lo lean sea de su agrado.

**BIBLIOGRAFIA.**

1º- INGENIERIA DE AEROPUERTOS, MODULO PLANIFICACION, 1991, S.C.T. y U.N.A.M.

AUTORES: ING. MATIAS LOPEZ JIMENEZ.

ARQ. ANTONIO M. OLVERA HERNANDEZ.

ARQ. FRANCISCO MENDEZ MUÑOZ.

2º- XXV CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS, 1997, A.S.A. y U.N.A.M.

AUTORES: ING. JOSE LUIS BALTAZAR VELEZ.

ING. MATIAS LOPEZ JIMENEZ.

3º- XXVII CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE AEROPUERTOS, MODULO I. PLANEACION, 1999, A.S.A. y U.N.A.M.

ANEXO: MANUAL DE DISEÑO DE AERODROMOS, PARTE I PISTAS.

MODULO II PROYECTO. PROYECTO DE DRENAJE PARA AEROPUERTOS.

AUTOR: ING. ALFONSO MAURICIO ELIZONDO RAMIREZ.

4º- ANEXO 14. AERODROMOS. OACI. OCTAVA EDICION 1983.

5º.-REVISTA A.S.A, N° 1,2,4, AÑO 1999.

6º.- MANUAL DEL INGENIERO CIVIL, VOL. III, FREDERICK S. MERRITT, EDITORIAL MC GRAW HILL, 1986.